COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1898,

PRÉSIDENCE DE M. WOLF.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Aperçu sur la théorie de la bicyclette : équilibre du cavalier*; par M. J. Boussinesq.

« I. Sur route unie, à une allure réglée, la vitesse V s'écarte peu d'une moyenne V_m, et ([1]) les deux petits produits $V\alpha$, $V^2\alpha$ ne diffèrent pas sensiblement de $V_m\alpha$, $V_m^2\alpha$. L'équation (7), résolue par rapport à la dérivée seconde de θ, prend donc, en y effaçant d'ailleurs l'indice (désormais inutile) de V_m, la forme linéaire

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{b'V}{ah'}\frac{d\alpha}{dt} - \frac{g}{h'}\left(\frac{V^2}{ga}\alpha - \theta\right). \tag{8}$$

» L'art du cavalier consiste à régler, à chaque instant, grâce au guidon,

([1]) Voir le précédent *Compte rendu*, p. 843.

la dérivée $\frac{d\alpha}{dt}$, de manière à maintenir très petite l'inclinaison θ. Celle-ci ne peut grandir, ou plutôt s'écarter de sa valeur normale $\frac{V^2}{gR} = \frac{V^2}{ga}\alpha$ donnée par (5) ou (8) sur une voie d'un rayon R de courbure assigné, que si sa dérivée première en t, rendue, par une circonstance accidentelle quelconque, un peu sensible, et égale à une petite quantité donnée ε au moment où débute la perturbation qui en résulte, conserve une valeur appréciable pendant un certain temps. La circonstance en question peut être, par exemple, la rencontre d'un caillou sur la route, ou un coup de vent soufflant de côté, ou un mouvement spontané du bicycliste, etc. Le cavalier devra donc alors faire acquérir, à la dérivée seconde de θ, des valeurs de signe contraire au signe même de ε, et capables d'annuler rapidement la dérivée première de θ. Il le pourra, puisqu'il dispose *immédiatement*, dans (8), de la vitesse angulaire $\frac{d\alpha}{dt}$, que j'appellerai ω, du guidon.

» On voit qu'il devra donner à cette vitesse angulaire le signe de ε, c'est-à-dire *incliner le guidon vers le côté où il se sent jeté;* et, aussi, que les variations *naissantes* de α et de θ viendront, les premières, concourir à son action, les secondes, la contrarier. L'effet utile des premières l'emportera sur l'effet nuisible des secondes, si la vitesse ω de rotation du guidon excède la fraction $\frac{ga}{V^2}$ de la vitesse initiale ε d'inclinaison, fraction d'autant plus faible que l'allure est plus rapide. En effet, dans le second membre de (8), le binome $\frac{V^2}{ga}\alpha - \theta$, nul à l'instant initial $t = 0$ de la perturbation, deviendra positif, son premier terme grandissant plus vite que le produit εt, alors que θ croît, au contraire, moins que εt.

» II. Supposons, pour simplifier, ε assez petit, ou ω assez grand, pour que la dérivée première de θ s'annule avant que θ ait eu le temps de varier d'une manière notable.

» Alors le dernier terme, binome, de (8), d'abord nul, aura valu sensiblement $-\frac{V^2}{ah'}\int_0^t \omega\, dt$. Et l'équation (8) multipliée par dt, puis intégrée durant tout le petit temps τ nécessaire pour annuler la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ d'inclinaison, qui était d'abord ε, donnera

$$(9) \qquad \varepsilon = \frac{b'V}{ah'}\int_0^\tau \omega\, dt + \frac{V^2}{ah'}\int_0^\tau dt \int_0^t \omega\, dt.$$

» Désignons par ζ l'angle total $\int_0^\tau \omega\, dt$ dont le guidon aura tourné. La vitesse angulaire moyenne du guidon aura donc été $\frac{\zeta}{\tau}$; et l'on obtiendra une valeur approchée du dernier terme de (9) en y remplaçant ω par cette moyenne. La formule (9) devient alors la relation approchée, entre ε, ζ et τ,

$$(10) \qquad \varepsilon = \frac{V}{a}\left(\frac{b'}{h'} + \frac{V\tau}{2h'}\right)\zeta.$$

» La rotation ζ du guidon est d'autant moindre qu'elle a eu un temps τ plus long pour s'effectuer et produire son effet d'annulation sur la vitesse $\frac{d\theta}{dt}$ de renversement. Sa valeur correspondant à l'hypothèse ($\tau = 0$) d'une action instantanée serait $\frac{ah'}{b'V}\varepsilon$; de sorte que l'on aura

$$(11) \qquad \zeta < \frac{ah'}{b'V}\varepsilon.$$

» Une fois la vitesse de renversement annihilée, et toujours dans l'hypothèse qu'elle l'ait été avant que la variation totale de θ (comparable à $\frac{1}{2}\varepsilon\tau$) soit devenue sensible, le cavalier, s'il veut éviter d'avoir à neutraliser ensuite une perturbation de sens contraire, pourra cesser d'influer sur θ et annihiler cependant, à son tour, le petit écart total ζ éprouvé par l'angle α des traces des deux roues sur le sol, afin de retrouver le rayon primitif R de courbure de sa trajectoire, qui lui est imposé par la configuration du chemin à suivre. Il devra, pour cela, faire vérifier désormais par α l'équation (8) débarrassée de son premier terme, c'est-à-dire, s'il compte alors les temps à partir du moment où θ a eu sa dérivée annulée, adopter pour la partie variable $\Delta\alpha$, devenue ζ, de l'angle α, la formule $\zeta e^{-\frac{Vt}{b'}}$, qui la rend insensible après un parcours Vt de trois ou quatre longueurs b'.

» III. Le changement d'orientation de la bicyclette sur la route, causé par la perturbation, aura été insignifiant pendant que s'effectuait la première rotation ζ du guidon par rapport au cadre, puisque l'instant τ de sa durée est supposé négligeable. Pendant que le guidon revient ensuite à sa première position relative, ce changement d'orientation sur le sol (ou par rapport à l'axe de la route) égale évidemment, par unité du chemin parcouru $\int ds$ ou $\int V\, dt$, le changement même $\frac{\Delta\alpha}{a}$ de la courbure; et il est en tout, très

sensiblement,

$$(12) \qquad \int_0^\infty \frac{\Delta\alpha}{a} \mathrm{V}\, dt = \frac{\mathrm{V}\zeta}{a} \int_0^\infty e^{-\frac{\mathrm{V}t}{b'}} dt = \frac{b'\zeta}{a},$$

quantité inférieure, d'après (11), à la limite très petite $\frac{h'}{\mathrm{V}}\varepsilon$. Elle serait encore moindre, si le cavalier se penchait en avant pendant le premier temps, τ, de la manœuvre, pour y rendre b' le plus grand possible et, d'après (10), réduire ζ; puis, s'il se redressait et se portait, au contraire, un peu en arrière durant la seconde phase, afin de diminuer alors b' et aussi, dans (12), le rapport de b' à a ([1]).

» D'ailleurs, les déviations absolues qu'aura éprouvées en même temps la bicyclette sur le sol, par rapport à sa trajectoire directe ou non troublée, sont évidemment insignifiantes.

» En résumé, les petits chocs transversaux tendant au renversement de la machine pourront, *à une allure* V *suffisamment rapide,* être corrigés sans dérangement appréciable, grâce à la manœuvre du guidon, qui finira par devenir instinctive chez le cavalier.

» Au reste, comme l'a expliqué judicieusement M. Bourlet dans son *Nouveau traité des bicycles et bicyclettes* (*équilibre et direction*) (Paris, Gauthier-Villars, p. 95 et 89), des dispositions, concernant la direction et la place de l'axe autour duquel tourne le plan de la roue directrice, sont prises, dans les machines actuelles : 1° pour que cette roue s'incline, par l'effet tant de son poids que de la pression du sol sur elle, du côté où la bicyclette viendrait à pencher, de manière à remédier automatiquement, en marche rectiligne, à cette inclinaison; et aussi, 2° pour que, une fois la situation verticale du cadre rétablie, le frottement du sol sur la roue directrice, en tirant vers l'arrière le bas de cette roue, la ramène dans le plan du cadre.

» IV. Des perturbations que l'on aurait négligé de neutraliser au début, et où l'inclinaison θ serait devenue sensible, donneraient lieu à des formules plus compliquées, parce que les quatre termes de l'équation (8) y interviendraient à la fois par des valeurs notablement variables. Je ne m'occuperai pas en détail de ce cas. J'observerai seulement que θ pourra y deve-

---

([1]) Toutefois, ces changements d'attitude devraient peut-être se faire trop vite pour ne pas mettre en défaut nos formules, dont la démonstration suppose que le cavalier se comporte comme un corps rigide fixé au cadre.

nir telle petite fonction de t qu'on voudra, à partir des valeurs initiales, supposées données, tant de cette fonction que de sa dérivée première; car il suffira que le cavalier choisisse pour α l'intégrale même de l'équation différentielle du premier ordre en α que devient l'équation (8), quand on y substitue à θ la fonction arbitraire voulue. Les valeurs de α devront, toutefois, ne pas excéder les angles possibles que comporte la bicyclette. Et la trajectoire devra aussi s'orienter vers la direction où l'on veut aller; sans quoi le cavalier n'aurait qu'à s'arrêter, pour repartir dans le sens voulu.

» Il évitera, autant que possible, cet inconvénient, si, en faisant acquérir, ou tout de suite, ou après passage par zéro, un signe convenable à la dérivée première $\frac{d\theta}{dt}$, il amène assez vite l'inclinaison θ à sa valeur *de régime* $\frac{V^2}{gR}$, et si, au moment d'y réussir, il amortit durant un court instant τ la vitesse angulaire $\frac{d\theta}{dt}$, par une manœuvre rapide du guidon. Alors, il est vrai, l'angle α des traces des deux roues présentera généralement un certain écart $\Delta\alpha = \zeta$ d'avec sa valeur normale ou de régime $\frac{a}{R}$. Mais le cavalier pourra faire évanouir graduellement cet écart de la manière qui supprime son influence sur θ, ou qui annule, dans (8), la dérivée seconde $\frac{d^2\theta}{dt^2}$. Il tâchera donc de donner désormais à la partie variable $\Delta\alpha$ de α la valeur $\zeta e^{-\frac{Vt}{b'}}$, qui l'annihile au bout d'un parcours insignifiant, comme on a vu. Après quoi, θ et α auront ainsi repris leurs valeurs normales. »

PHYSIQUE. — *Sur la dispersion anomale et le pouvoir rotatoire magnétique de certaines vapeurs incandescentes.* Note de M. **Henri Becquerel.**

« Dans une des dernières séances ([1]), après avoir répété une expérience remarquable faite par MM. Macaluso et Corbino, j'ai montré que le pouvoir rotatoire extraordinairement grand, reconnu par les auteurs italiens, dans la vapeur de sodium, pour les radiations dont les longueurs d'onde avoisinent immédiatement celles des bandes d'absorption, devait être

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 647; 31 octobre 1898.

attribué à un phénomène de dispersion anomale et que, dans cette hypothèse, en se reportant à mes précédentes recherches ([1]), l'explication du nouveau phénomène était très simple.

» Il restait à mettre en évidence la dispersion anomale présumée; tel a été le but du présent Travail.

» Pour manifester la dispersion anomale, j'ai eu recours à l'expérience de M. Kundt. On sait, depuis Newton, que, si l'on fait traverser par un faisceau de lumière deux prismes croisés à angle droit, le spectre oblique ainsi obtenu présente une courbure qui est la représentation de la loi de dispersion de l'un des prismes en fonction de la dispersion de l'autre. M. Kundt a montré que, si l'un des prismes croisés est formé d'une matière absorbante, solide ou liquide, le spectre présente, dans le voisinage de chaque bande d'absorption, une dislocation montrant que les indices de réfraction dans la substance absorbante croissent très rapidement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines de celle de la bande, mais plus grandes que celle-ci, tandis que les indices décroissent très rapidement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines, mais plus petites.

» Pour répéter l'expérience des prismes croisés avec une vapeur incandescente, il fallait d'abord réaliser un prisme avec cette vapeur.

» J'ai obtenu de très bons résultats en donnant à la flamme d'un brûleur à gaz une forme prismatique; il suffit de placer dans la flamme du brûleur une petite gouttière horizontale en platine, formée d'une lame coudée à angle droit, et dans laquelle on place la substance à volatiliser, chlorure de sodium, de lithium, etc. La flamme se divise en deux parties, comme l'indique la figure; à une certaine hauteur, *cd*, elle équivaut à deux prismes ayant leur arête horizontale en haut, tandis que dans le voisinage immédiat de la gouttière, en *ab*, ou au-dessous en *a'b'*, elle équivaut à un prisme dont l'arête horizontale serait en bas, et dont l'angle serait voisin de celui de la gouttière.

» Pour utiliser telle ou telle région de la flamme, on limitait le faisceau de lumière incident par un écran présentant une fente horizontale de quelques millimètres de large.

» L'expérience a été disposée de la manière suivante :

» La lumière du charbon positif d'un arc électrique a été concentrée sur une fente horizontale, placée au foyer d'un collimateur; la lumière paral-

---

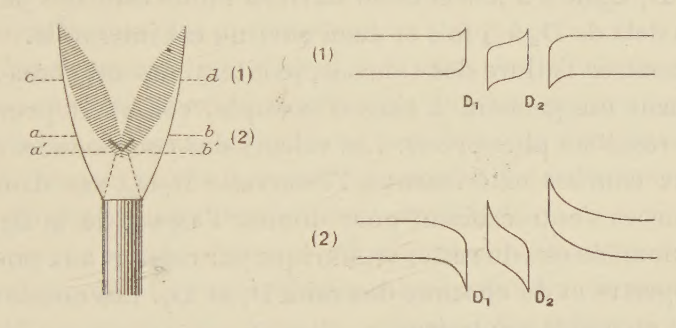
([1]) *Comptes rendus*, t. CXXV, p. 679.

lèle traversait ensuite la flamme prismatique, puis une lentille, et venait former une image de la fente horizontale sur la fente verticale d'un spectroscope à réseau de Rowland.

» Dans ces conditions, si le brûleur n'est pas allumé, on observe au foyer du spectroscope une bande horizontale continue, dont la hauteur dépend de la largeur de la fente horizontale.

» Lorsqu'on introduit la flamme prismatique à la suite du premier collimateur, si celle-ci est riche en vapeur de sodium, on voit apparaître les raies D_1 et D_2 sous forme de bandes sombres et larges, et en même temps le spectre est brisé, de part et d'autre de chaque bande, dans le voisinage immédiat de celles-ci. Pour des régions un peu éloignées des bandes, le spectre apparaît encore sous forme d'une bande continue très légèrement inclinée.

» Lorsqu'on utilise la portion *cd* de la flamme, le spectre, dont l'image est renversée par les lentilles du spectroscope, offre l'aspect indiqué dans la *fig.* 1; lorsqu'on utilise les portions *ab* ou *a' b'* de la flamme, l'aspect est inverse et la dislocation considérable, comme le montre la *fig.* 2; cette



dislocation est d'autant plus grande que l'angle de la gouttière est plus grand. La *fig.* 2 correspond à un angle de 90°; avec un angle de 135°, les déviations verticales ont été notablement plus grandes. J'ajouterai encore que les déviations verticales sont d'autant plus grandes que la distance focale de la lentille qui concentre la lumière sur la fente verticale est plus grande. La lentille avec laquelle ont été obtenues les courbes figurées plus haut avait environ $0^m,25$ de distance focale. Avec une lentille de 1^m de foyer j'ai obtenu des déviations verticales quatre fois plus grandes et atteignant trois fois la valeur de l'intervalle $D_1 D_2$.

» Les déviations horizontales étant sensiblement proportionnelles aux longueurs d'onde λ, et les déviations verticales proportionnelles aux excès des indices de réfraction n de la vapeur sur les indices de l'air, les courbes

donnent la loi de la variation de l'indice en fonction de la longueur d'onde, et les tangentes donnent par leur coefficient angulaire les valeurs relatives de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$. Les spectres ont pu être photographiés, ce qui a permis de relever les courbes avec une assez grande précision. Afin d'avoir une ligne de repère pour les déviations verticales, on tendait un fil fin en travers de la fente verticale; l'image de ce fil formait un trait horizontal qui ne subissait pas la réfraction de la flamme. En outre, on avait soin de photographier les raies fines D_1 et D_2 qui fournissaient un repère précis pour les déviations horizontales.

» On a ainsi reconnu qu'en dehors des régions voisines de D_1 et de D_2 le spectre était légèrement incliné, de quelques minutes d'angle, sur la ligne des repères.

» Je publierai prochainement les relevés numériques des courbes des divers clichés que j'ai obtenus. Aujourd'hui je me bornerai à indiquer les résultats qu'un premier examen a permis d'apercevoir.

» La déformation du spectre a commencé à être appréciable à une distance de D_1 égale à 3 fois et demi environ l'intervalle des deux raies D_1 et D_2, et au delà de D_2 à 4 fois et demi environ cet intervalle.

» Pour montrer l'allure des courbes, je citerai des nombres relevés sur un cliché, mais uniquement à titre d'exemple, comptant prochainement donner des résultats plus précis. Les valeurs des coordonnées x et y sont relatives aux courbes extérieures à l'intervalle $D_1 D_2$, car dans cet intervalle les courbes s'entrecroisent pour donner l'aspect de la figure ci-dessus; ce phénomène est, du reste, symétrique par rapport aux points d'intersection du spectre et de chacune des raies D_1 et D_2. Les nombres suivants sont évalués en unités arbitraires.

Distance des raies $D_1 D_2 = 70$.

Distances à D_1.		Distances à D_2.	
x_1.	y_1.	x_2.	y_2.
10	30,2	10	45,3
15	22,5	15	28,0
20	17,5	20	21,0
30	11,7	30	13,8
40	8,0	40	9,7
50	5,2	50	7,3
60	3,5	60	5,5
70	2,5	70	5,0

» On voit par ces nombres que, dans une partie, les courbes affectent une allure hyperbolique.

» De part et d'autre des raies D_1 et D_2, la vapeur de sodium présente donc une dispersion anomale très notable, différente pour chacune de ces bandes, qui manifestent ainsi une individualité propre; la valeur du coefficient angulaire des tangentes aux courbes augmente considérablement pour des longueurs d'onde de plus en plus voisines de celles des bandes. Dans le spectre du troisième ordre, du réseau, alors que la valeur de $\frac{\partial y}{\partial x}$ était environ 0,00144 pour la région jaune, cette valeur atteint pour les régions voisines des raies D_1 et D_2, où les tangentes aux courbes sont presque verticales, des valeurs environ 20000 fois plus grandes.

» Si l'on rapproche cette observation des faits constatés par MM. Macaluso et Corbino, dans leur expérience, on reconnaît que les régions du spectre, pour lesquelles les pouvoirs rotatoires magnétiques de la vapeur de sodium sont plusieurs milliers de fois plus grands que ceux des radiations voisines, sont également les régions où les valeurs de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ deviennent plusieurs milliers de fois plus grandes.

» Pour les longueurs d'onde qui subissent des rotations magnétiques de 45°, 90°, 180°, le premier examen des courbes montre que les coefficients angulaires des tangentes varient sensiblement dans les mêmes rapports; en outre, aux points qui correspondent à des rotations magnétiques égales, les tangentes sont sensiblement parallèles.

» Ainsi, sur la courbe dont les coordonnées sont citées plus haut, on peut relever les points correspondant aux longueurs d'onde pour lesquelles, en répétant l'expérience des auteurs italiens, j'avais obtenu des rotations magnétiques de 45° et de 90°. On trouve ainsi :

	Rotations magnétiques.	x.	y.	$\frac{\partial y}{\partial x}$.
Près de D_1	90°	13,5	23,5	1,74
	45	20	17,5	0,87
Près de D_2	90	15,5	27	1,74
	45	22	19	0,86

» Il ne faudrait pas toutefois s'illusionner sur la précision de ces résultats, car pour les nombres des deux tableaux ci-dessus, on pourrait faire une erreur d'une unité. J'ai cité ces nombres uniquement pour montrer tout le parti que l'on peut tirer de l'expérience présente dans l'étude expéri-

mentale des lois de la dispersion anomale, étude que je poursuis en ce moment.

» Il semble donc bien établi, par ces rapprochements, que les valeurs de $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$, ou plus exactement, comme je l'ai montré antérieurement, les valeurs de $\lambda\frac{\partial n}{\partial \lambda}$, donnent les valeurs relatives des rotations magnétiques, pour les longueurs d'onde correspondantes.

» J'ajouterai que l'expérience précédente, répétée avec la vapeur du lithium, a manifesté la dispersion anomale de part et d'autre de la bande rouge caractéristique.

» En résumé, l'expérience qui fait l'objet de la présente Note conduit aux résultats suivants :

» 1° Elle donne un moyen simple d'étudier la dispersion anomale des vapeurs incandescentes, et de mesurer la grandeur de ce phénomène dont l'importance, depuis la découverte de M. Le Roux, semble croître à mesure que les procédés d'investigation deviennent plus délicats;

» 2° Cette expérience met en évidence le rôle fondamental de l'expression $\lambda\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ dans le phénomène de la polarisation rotatoire magnétique; elle confirme la formule que j'ai établie antérieurement et conduit à rejeter pour l'expression de ce phénomène les formules données par divers physiciens : ces formules contiennent toutes le terme $\left(n - \lambda\frac{\partial n}{\partial \lambda}\right)$ dont les variations ne sauraient s'accorder avec les résultats de l'expérience de MM. Macaluso et Corbino;

» 3° Elle donne l'explication complète de l'expérience des auteurs italiens, en confirmant les vues émises dans la Note que j'ai publiée antérieurement. »

PHYSIQUE. — *Sur la vitesse du son dans l'air.* Note de M. **J. Violle.**

« Deux Notes sur la vitesse du son dans l'air sec à zéro ont été récemment présentées à l'Académie.

» L'une de ces Notes rend compte des expériences très intéressantes que M. le capitaine Frot a faites au polygone de Bourges pendant l'hiver de 1896, et qui l'ont conduit directement à un résultat se rapprochant beaucoup de celui auquel était arrivé indirectement Regnault et par ses mesures

effectuées dans les tuyaux de conduite de la ville de Paris et par ses expériences à l'air libre au polygone de Satory.

» Dans l'autre Note, sur le rapport des deux chaleurs spécifiques des gaz, M. Leduc examine les procédés par lesquels divers expérimentateurs ont déterminé la vitesse du son dans l'air sec à zéro, et il s'arrête (en le modifiant un peu) au nombre obtenu par M. Wüllner, soit à $331^{m},8$. Bien que ce nombre résulte d'expériences n'ayant point pour but une mesure absolue de la vitesse du son et comporte, d'après M. Wüllner, une incertitude d'environ 0,2 pour 100, nous n'aurions pas à nous occuper des raisons qui ont pu le faire choisir à M. Leduc, s'il n'avait écarté en ces termes les expériences effectuées à Grenoble en 1885 par M. Vautier et par moi :

» *Plusieurs raisons s'opposent à ce qu'on en déduise la vitesse du son dans l'air sec à 0°.*

» D'une part, il n'est pas permis de considérer comme gaz parfait l'air saturé d'humidité, et la correction relative à sa compressibilité serait des plus incertaines.

» D'autre part, le γ de cet air humide diffère de celui de l'air sec d'une quantité inconnue, mais certainement notable, ne serait-ce qu'en raison de l'atomicité de la vapeur d'eau. (L'introduction dans l'air d'un gaz parfait triatomique sous une pression égale à celle de la vapeur d'eau diminuerait la vitesse du son de près de $0^{m},2$.) MM. Violle et Vautier se sont contentés d'apporter au nombre expérimental, comme l'avait fait Regnault, la correction bien connue relative à la densité. Il est facile de voir que celles nécessitées par les observations précédentes seraient toutes deux additives.

» Le nombre calculé est donc trop faible et il est malheureusement impossible de savoir de combien.

» Il n'est nullement impossible de tenir compte des deux raisons alléguées par M. Leduc.

» Sans doute, l'air saturé d'humidité ne saurait être considéré comme un gaz parfait; mais, si cette proposition n'est pas un simple truisme, on peut se demander quelle en est la portée dans le cas actuel. La deuxième proposition de M. Leduc, à savoir que le γ de l'air humide diffère de celui de l'air sec d'une quantité notable, étant réservée, l'effet de la densité étant également mis à part, l'influence de l'humidité dans de l'air saturé à ces températures peu élevées paraît être de même ordre que celle des poussières, par exemple, existant dans l'air sec.

» Si l'on appelle

u la vitesse effectivement observée dans l'air humide,
U la vitesse inconnue dans l'air sec, à la même température (l'effet de la température n'étant pas en question),

γ le rapport $\frac{C_1}{c_1}$ des deux chaleurs spécifiques de l'air humide,

Γ le rapport $\frac{C}{c}$ des deux chaleurs spécifiques de l'air sec,

d la densité de l'air humide, calculée comme pour un gaz parfait, les tensions respectives de l'air et de la vapeur d'eau étant connues,

D la densité effective de l'air humide,

on a très approximativement

$$\frac{u}{U} = \sqrt{\frac{1}{d}}\sqrt{\frac{\gamma}{\Gamma}}\sqrt{2\frac{d}{D} - 1}.$$

Le rapport $\frac{u}{U}$ peut donc être regardé comme égal au produit de trois facteurs, dont les deux premiers sont dès longtemps connus, et le troisième a été mis en évidence par M. Jäger (*Wied. Ann.*, t. XXXVI, p. 165; 1889).

» Calculons ces trois facteurs pour une température voisine de 10° où la tension de la vapeur d'eau saturante est sensiblement égale à 1^{cm}, u différant peu de $34\,000^{cm}$.

» Le premier facteur

$$\sqrt{\frac{1}{d}} = \sqrt{\frac{76}{75 + 0,623}} = 1,0025$$

conduit, pour passer de u à U, à une correction soustractive égale à

$$0,0025 \times 34\,000^{cm} = 85^{cm}.$$

» Pour le deuxième facteur, soient

x la proportion de vapeur d'eau dans l'atmosphère saturée,
C et c les deux chaleurs spécifiques de l'air sec,
C′ et c' les deux chaleurs spécifiques de la vapeur;

la règle des mélanges donne

$$\gamma = \frac{C_1}{c_1} = \frac{(1-x)\,C + xC'}{(1-x)\,c + xc'} = \frac{C + x(C'-C)}{c + x(c'-c)},$$

et, par suite,

$$\frac{\gamma}{\Gamma} = \gamma\frac{c}{C} = \frac{1 + x\left(\frac{C'}{C} - 1\right)}{1 + x\left(\frac{c'}{c} - 1\right)}.$$

» Si nous prenons $C = 0,238$, $C' = 0,44$, et par suite $c = 0,17$

et $c' = 0,33$, en admettant pour l'air $\frac{C}{c} = 1,40$, et, pour la vapeur d'eau, conformément aux expériences de Masson et Jäger, $\frac{C'}{c'} = 1,33$, il vient

$$\frac{\gamma}{\Gamma} = \frac{1 + x.0,85}{1 + x.0,94}.$$

» Pour $f = 1^{cm}$, $x = 0,0082$, et, par suite,

$$\frac{\gamma}{\Gamma} = 0,9993,$$

$$\sqrt{\frac{\gamma}{\Gamma}} = 0,99965,$$

d'où une correction additive égale à 12^{cm}.

» Passons au troisième facteur; soient

δ la densité de la vapeur d'eau à la température considérée sous la pression de saturation, telle qu'elle serait si la vapeur d'eau était un gaz parfait;
Δ la densité effective de cette vapeur;

le rapport $\frac{\Delta}{\delta}$ ne dépasse pas 1,001 pour 10°.

» Avec ce nombre, on aurait

$$\frac{d}{D} = \frac{75 + 0,623}{75 + 0,623 \times 1,001} = \frac{756230}{756236} = 1 - 0,00001,$$

$$2\frac{d}{D} - 1 = 1 - 0,00002,$$

$$\sqrt{2\frac{d}{D} - 1} = 1 - 0,00001,$$

d'où une correction additive de $0^{cm},3$.

» Dans le calcul de U résultant de nos expériences de Grenoble, où la précision était limitée à $0^{m},1$, nous n'avons fait que la première correction, laissant de côté et la troisième, tout à fait négligeable, et la deuxième, dont nous n'avons pas cru devoir tenir compte explicitement, parce que nous ne pouvions éliminer avec quelque exactitude l'effet indubitable des parois qu'en rapprochant nos résultats de ceux que Regnault avait obtenus dans des conditions analogues et en appliquant à nos expériences la méthode de calcul qu'il avait employée lui-même. Aux 68^{cm} ainsi obtenus, il importe

peu d'ajouter les 12^{cm} représentant la valeur numérique de la deuxième correction ([1]).

» L'effet des parois est la chose vraiment difficile à évaluer. Quelques années plus tard, nous trouvâmes, à Argenteuil des conditions exceptionnellement favorables à cet égard. La mesure de la conduite, qui a nécessité un long travail après les déterminations acoustiques, étant aujourd'hui à peu près terminée, nous pourrons bientôt donner le résultat de nos nouvelles expériences. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la synthèse du phénol par l'acétylène*; par M. BERTHELOT.

« Entre les nombreuses synthèses que j'ai réalisées au moyen de l'acétylène, l'une des plus intéressantes est celle du phénol, obtenue soit par l'intermédiaire de la condensation de l'acétylène en benzine, soit par la réaction d'un dérivé sulfoné de l'acétylène sur l'hydrate de potasse. Dans les deux cas, la synthèse n'exige d'ailleurs que des actions accomplies à une température inférieure au rouge, et même au rouge sombre, c'est-à-dire dans les conditions des actions régulières et sans l'intervention de destructions profondes et de mécanismes obscurs; il en est d'ailleurs de même de la transformation du perchlorure d'acétylène $C^2H^2Cl^4$ en benzine perchlorée (chlorure de Julin), accomplie entre 300° et 360°, d'après les expériences que j'ai faites en commun avec M. Jungsfleisch ([2]).

» La transformation de l'acétylène en phénol n'exige qu'une température voisine de 200°. Il m'a paru utile d'y revenir, afin d'en préciser les conditions et de montrer qu'elle est réalisable avec l'acétylène très pur, tel qu'on peut le préparer par le carbure de calcium.

» Rappelons d'abord qu'elle s'effectue au moyen du sel potassique d'un dérivé sulfoné de l'acétylène, sel que j'avais signalé comme difficilement cristallisable et soluble dans l'alcool ordinaire ([3]). En le préparant dans ces conditions, la reproduction de l'expérience n'offre aucune difficulté.

» En voici le détail :

» 1. L'acétylène pur et sec a été dirigé en courant lent, à travers de

---

([1]) Ni Regnault, ni M. Wüllner, pour des motifs différents, n'ont tenu compte de l'effet des parois.

([2]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XXVI, p. 476; 1872.

([3]) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XIX, p. 429; 1870.

l'acide sulfurique renfermant un tiers environ d'anhydride, pendant dix-huit heures : l'échauffement produit est sensible, mais faible. On étend ensuite la liqueur avec 15 fois son poids d'eau, on la sature exactement par la potasse et l'on fait cristalliser : ce qui sépare le sulfate de potasse et un dérivé sulfoné peu soluble, découvert récemment par M. Schrœter. Dans l'eau-mère, on ajoute son volume d'alcool, ce qui complète l'élimination des sels précédents. L'évaporation de la liqueur au bain-marie laisse un autre sel sulfoné amorphe, sous la forme d'une résine dure et fragile, dont le poids formait le quart environ de celui du premier composé, dans mon expérience. Le sel amorphe renfermait 25,3 centièmes de potassium, d'après l'analyse. Cette analyse en ferait un isomère de l'autre sel, cristallisé et représenté par la formule brute : $C^2H^4O^2.S^2O^6K^2$ (1); c'est-à-dire qu'il répond à un acide formé en vertu de l'équation génératrice suivante : $C^2H^2 + 2H^2O + 2SO^3$, équation semblable à celle qui forme l'acide iséthionique, au moyen de l'éthylène : $C^2H^4 + H^2O + SO^3$. La constitution des deux acides est donc semblable, en tenant compte de la valence inégale des carbures générateurs. Mais le sel amorphe n'offre pas assez de garantie de pureté, pour que je veuille insister sur sa formule ou sa constitution. Il suffira, pour mon objet, d'en établir l'existence et le mode de formation.

» 2. L'acétylèno-sulfonate de potassium amorphe a été broyé avec son poids d'hydrate de potasse, et chauffé dans une cornue, au bain d'huile, au sein d'une atmosphère d'hydrogène, d'abord entre 180° et 220°, pendant vingt minutes. Après refroidissement, on a ajouté un excès d'acide sulfurique étendu et l'on a distillé.

» L'eau qui a passé en premier lieu renfermait une proportion notable de phénol, doué d'une odeur spécifique, et que l'on a isolée, en ajoutant à cette eau une petite quantité de potasse, et évaporant la liqueur dans le vide, à froid. Sur le sel solide, on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, puis on lave à l'éther; ce dernier, évaporé rapidement, abandonne le phénol (2).

---

(1) M. Schrœter pense que, dans cette formule, il existerait une molécule d'eau de cristallisation; mais cette eau ne peut en être séparée sans décomposition complète.

(2) Ce phénol est mélangé avec un acide organique de l'ordre de l'acide acétique, associé avec un acide à odeur butyrique. Je rappellerai que, en oxydant directement

» Pour contrôler les caractères de celui-ci, on l'a changé en acide picrique, en le chauffant avec un peu d'acide azotique fumant, dont on a chassé l'excès par évaporation. On a repris par l'eau, ce qui a donné une solution jaune d'or ; puis on a constaté la formation d'un précipité cristallisé de picrate de potasse, par addition ménagée d'acétate de potasse concentré. D'autre part, on a également constaté la formation de l'isopurpurate de potasse, au moyen du cyanure de potassium.

» Ces caractères multipliés démontrent la formation du phénol, en dose notable, dès le premier traitement du sel potassique. Mais cette formation peut être considérablement accrue, en soumettant le reliquat du premier traitement à une seconde série d'opérations pareilles.

» A cet effet, le contenu acide de la cornue, qui avait fourni le phénol précédent, a été saturé de potasse, évaporé à sec, additionné de nouvelle potasse et chauffé une seconde fois au bain d'huile vers 250°, pendant une demi-heure. En procédant comme plus haut, on a obtenu une seconde dose de phénol, notablement plus grande et plus pure que la première. On l'a changé encore en acide picrique, en picrate de potasse à cristaux caractéristiques, puis en isopurpurate. La même série d'opérations a été reproduite pour la troisième fois sur le résidu de la seconde opération, en portant la température presque au rouge sombre : ce qui a fourni encore du phénol, en moindre quantité, quoique encore notable, et caractérisé par les mêmes transformations.

» En somme, le phénol constaté dans ces opérations successives contient une fraction très notable du carbone de l'acétylène primitif. Je rappellerai que, d'après mes anciens essais (réaction de l'acide iodhydrique à 280° sur l'acétylénosulfonate, *loco citato*, p. 432), ce phénol ne dérive pas d'un benzénosulfonate, c'est-à-dire de benzine formée dans la réaction de l'acide sulfurique sur l'acétylène, suivant un processus pareil à celui qui transforme l'allylène en mésitylène au contact du même acide. C'est seulement dans la réaction ultérieure de l'hydrate alcalin que le phénol est

---

l'acétylène, j'ai obtenu, en effet, l'acide acétique

$$C^2H^2 + O + H^2O = C^2H^4O^2.$$

L'acide plus élevé pourrait être l'acide crotonique

$$2C^2H^2 + O + H^2O = C^4H^6O^2 (?).$$

formé : la molécule du carbure se triplant dans l'acte même de son oxydation. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acétylène sur les métaux-ammoniums.* Note de M. Henri Moissan.

« Lorsqu'on fait réagir les métaux alcalins sur les différents carbures d'hydrogène et sur les composés organiques, la décomposition est le plus souvent violente. Aussitôt que la température s'élève, les phénomènes compliqués de polymérisation et d'hydrogénation interviennent et masquent bientôt la réaction principale. La facilité avec laquelle les métaux-ammoniums fournissent des combinaisons à basse température permet d'obtenir une nouvelle méthode de réaction beaucoup plus lente et beaucoup plus maniable.

» Après l'étude du lithium-ammonium et du calcium-ammonium, nous étions logiquement conduit, pour compléter nos travaux sur les carbures, à faire réagir l'acétylène sur les métaux-ammoniums.

» Dans ses importantes recherches sur une nouvelle classe de radicaux métalliques, M. Berthelot (1) avait signalé l'existence des composés C^2HNa et C^2Na^2 qu'il a préparés par l'action du sodium à chaud sur le gaz acétylène. Plus récemment, M. Matignon (2) en modérant cette réaction a pu obtenir, par la même méthode, le carbure de sodium C^2Na^2 pur et amorphe et en étudier les principales propriétés. Enfin, nous avons indiqué (3) que les composés C^2HNa et C^2HK pouvaient se préparer à froid par l'action de l'acétylène sur le métal alcalin et fournir par leur dissociation un dégagement de gaz acétylène, et les carbures C^2K^2 et C^2Na^2.

» *Description de l'appareil.* — Le dispositif employé dans ces nouvelles recherches était des plus simples; il était formé de deux appareils, l'un producteur de gaz ammoniac sec, l'autre de gaz acétylène. Ces deux appareils étaient reliés aux extrémités d'un tube en T portant à son point de croisement un robinet à trois voies. La réaction se produisait dans un tube en U à bouchons de verre rodés, tels que ceux que l'on utilise pour l'analyse organique.

---

(1) Berthelot, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 4e série, t. XI, p. 385.

(2) Matignon, *Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 775, 1026 et t. CXXV, p. 1033.

(3) H. Moissan, *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 302.

» Ce tube en U était réuni au tube en T par l'une de ses tubulures, tandis que l'autre tubulure était jointe à un tube abducteur vertical, d'une hauteur de $0^m,80$. Le tube abducteur débouchait sur une cuve à mercure; il permettait de recueillir les gaz dégagés. Les différentes parties de l'appareil étaient reliées entre elles au moyen de joints de caoutchouc à vide parfaitement secs. Le tube en U, qui pouvait être entouré soit d'un mélange réfrigérant, soit d'un bain d'eau chaude, était facilement enlevé à certains moments de l'expérience et pouvait être pesé plein de gaz ammoniac ou d'hydrogène. Il avait été taré au préalable, alors qu'il était rempli de chacun de ces gaz.

» *Détails d'une expérience.* — On commence par mettre le tube en U en communication latérale avec un appareil à acide carbonique sec. On enlève l'un des bouchons de verre et l'on place l'orifice sous la matrice d'une presse à sodium, de telle sorte que le fil de métal alcalin qui en sort soit constamment maintenu dans l'atmosphère d'acide carbonique et conserve son éclat métallique.

» Ce métal est ensuite poussé dans la partie horizontale du tube en U sans avoir le contact de l'air. On opère ainsi pour le potassium, le sodium et le lithium. Quant au calcium, on projette les cristaux de métal pur au fond du tube qui est ensuite bouché. L'acide carbonique est chassé par un courant d'hydrogène puis, par une simple pesée, on obtient le poids du métal.

» Le tube en U est mis en communication avec le tube en T d'une part et le tube abducteur de l'autre. On fait arriver le courant de gaz ammoniac, ensuite on abaisse la température au moyen d'acétone et d'acide carbonique solide. Par un refroidissement suffisant, le gaz ammoniac se liquéfie et il se produit une solution mordorée de sodammonium. On arrête la liquéfaction de l'ammoniac lorsque le niveau du liquide dépasse la courbure supérieure du tube en U de quelques millimètres. Il va de soi que l'ammoniac liquéfié doit être en grand excès par rapport au métal alcalin. A ce moment de l'expérience, au moyen du robinet à trois voies, on arrête le courant de gaz ammoniac et on laisse arriver le gaz acétylène. Ce dernier s'absorbe de suite et se dissout en très grande quantité dans l'ammoniac liquide sans que la pression change sensiblement dans l'appareil. Il se forme bientôt deux couches liquides: l'une inférieure, limpide et incolore; l'autre surnageante, visqueuse et d'une belle couleur bleu foncé. Sur la surface de séparation, de petites bulles gazeuses se produisent et sont absorbées en grande partie par le liquide limpide. Peu à peu le volume de la couche supérieure diminue, la pression augmente et des gaz commencent à se dégager dans l'éprouvette de la cuve à mercure. Enfin, la dernière gouttelette huileuse de couleur bleue a disparu, le liquide restant est complètement incolore; on interrompt alors toute arrivée de gaz. Pendant ces opérations, le bain d'acétone a été maintenu, d'une façon constante, à une température qui peut varier de $-40°$ à $-80°$.

» Lorsque la décoloration du métal-ammonium par l'acétylène est complète, le tube en U est sorti du réfrigérant et abandonné à la température du laboratoire. On recueille alors la totalité des gaz qui se dégagent d'une façon continue. Quand tout dé-

gagement a cessé, on ferme ce tube, on l'essuie et on le pèse. Les gaz sont ensuite soumis à l'analyse.

» La conduite de l'expérience est la même avec tous les métaux-ammoniums.

» *Action de l'acétylène sur le sodammonium.* — Après que l'action du gaz acétylène sur la solution bleue ammoniacale de sodammonium est épuisée, on obtient, à — 40°, un liquide limpide, incolore, dans lequel on voit, aussitôt que la température s'abaisse à — 60°, se déposer des cristaux transparents. Le même phénomène se produit dès qu'on laisse l'ammoniac se dégager. Dans une expérience, nous avons pris $0^{gr},363$ de sodium et nous avons obtenu, après dégagement complet des gaz, un composé blanc cristallisé pesant $0^{gr},751$; la formation du composé C^2HNa exigerait théoriquement $0^{gr},757$. Dans une autre expérience, $0^{gr},836$ de sodium nous a donné un composé de $1^{gr},730$; le poids correspondant pour C^2HNa aurait été de $1^{gr},744$.

» Outre ces deux expériences de synthèse, nous avons préparé à nouveau ce même composé et nous en avons fait l'analyse en le mettant au contact de l'eau. Il se produit une décomposition immédiate avec dégagement de gaz acétylène et formation de soude caustique. Le carbone a été dosé d'après le volume d'acétylène, et le sodium a été obtenu par titrage alcalimétrique ou par pesée à l'état de sulfate.

	1.	2.	3.	4.	5.	Théorie pour C^2HNa.
Carbone.....	49,36	49,68	»	»	49,62	50,00
Sodium......	48,18	48,33	48,32	48,21	47,80	47,91
Hydrogène...	»	»	»	»	»	2,08

» Dans l'action de l'acétylène sur le sodammonium, il se produit donc le même composé C^2HNa que M. Berthelot a obtenu par substitution et que nous avons pu préparer par l'action de l'acétylène gazeux ou liquide à froid sur le métal alcalin. Mais, pour se rendre compte de la réaction, il est indispensable d'analyser les gaz produits.

» Le mélange de gaz dégagé pendant toute la durée de la réaction est traité sur la cuve à mercure par l'eau, pour enlever l'ammoniac. On élimine ensuite l'acétylène par des additions successives de chlorure cuivreux ammoniacal, jusqu'à ce qu'une petite quantité de ce réactif ne fournisse plus de coloration rouge au contact du gaz restant [1]. Ce dernier est

---

[1] Cette méthode a été indiquée par M. Berthelot pour la séparation de l'acétylène et de l'éthylène.

incolore, peu odorant et brûle avec une flamme éclairante non fuligineuse. Le brome l'absorbe complètement. L'acide sulfurique bouilli l'absorbe lentement (absorption totale de 12^{cc} en huit jours). Ces réactions nous font prévoir l'existence de gaz éthylène.

» L'analyse eudiométrique nous a donné les résultats suivants : V primitif, $2^{cc},6$; V + O, $8^{cc}.8$. Après étincelle, 6,1; contraction, 5,3. Après potasse, $1^{cc},0$; CO^2 formé, $5^{cc},1$.

» Le gaz que nous avons recueilli est donc de l'éthylène pur qui se forme en même temps que l'acétylène sodé C^2HNa.

» Dès lors, la réaction précédente doit s'écrire :

$$3C^2H^2 + 2AzH^3Na = 2C^2HNa + 2AzH^3 + C^2H^4.$$

» Cette transformation de l'acétylène en éthylène est un nouvel exemple d'hydrogénation de l'acétylène, et comme cette expérience est faite à basse température, elle est exempte de toute complication due à la polymérisation de l'acétylène ou à d'autres hydrogénations complexes.

» M. Berthelot a démontré que, quand le sodium est légèrement chauffé dans une atmosphère d'acétylène, il donne de l'hydrogène et une petite quantité de polymères acétyléniques. Nous avons établi que le sodium à froid sur le gaz acétylène fournissait aussi un dégagement d'hydrogène. Cette réaction du sodammonium sur l'acétylène, dans laquelle le sodium se comporte tout différemment de ce qu'il a donné à l'état de liberté, paraît établir que les métaux-ammoniums sont de véritables combinaisons.

» Nous ajouterons maintenant que, si l'on dissocie le composé C^2HNa par l'action du vide et par une élévation de température, on obtient d'une façon lente et continue un dégagement de gaz acétylène pur, et le produit qui reste après décomposition totale est le carbure de sodium C^2Na^2. De telle sorte qu'il nous semble que la formule C^2HNa peut être doublée et devenir C^2Na^2, C^2H^2. Dans ce cas, la formule de réaction indiquée précédemment serait :

$$3C^2H^2 + 2AzH^3Na = C^2Na^2, C^2H^2 + 2AzH^3 + C^2H^4.$$

» A l'appui de cette opinion, nous citerons l'expérience suivante : le composé C^2Na^2, C^2H^2 est insoluble dans la benzine. Si l'on additionne ce mélange de quelques cristaux d'iode, ce dernier corps se dissout et la décoloration du liquide se produit en quelques instants. On ajoute alors de nouvelles quantités d'iode jusqu'à ce que l'on obtienne une coloration persistante. Le résidu insoluble, lavé à la benzine, était formé de carbure

de calcium C^2Na^2 et ne contenait pas d'iodure de sodium NaI. Par évaporation la solution benzénique d'iode abandonnait des cristaux d'iodure de carbone. A froid l'iode a donc éliminé d'abord l'acétylène C^2H^2 en laissant un résidu de carbure C^2Na^2. La chaleur de formation de l'iodure de sodium est telle qu'il nous paraît difficile d'admettre l'intervention de l'iode sur le groupement C^2NaH sans formation d'iodure.

» L'acétylure acétylénique de sodium, C^2Na^2, C^2H^2, se présente au microscope sous forme de cristaux lamellaires d'apparence rhomboédrique. Il est très déliquescent et se décompose de suite au contact de l'eau. Insoluble dans l'éther, il n'est pas attaqué par ce liquide à sa température d'ébullition. Avec l'alcool absolu la décomposition est rapide; il se dégage de l'acétylène et il reste un liquide limpide renfermant de l'éthylate de sodium. Il tombe dans la benzine de densité 0,899 sans l'attaquer. Il prend feu dans le chlore et le brome à la température ordinaire. L'acide azotique monohydraté l'oxyde avec flamme.

» Ainsi que nous le faisions remarquer plus haut, le composé C^2Na^2, C^2H^2 est soluble dans la solution ammoniacale d'acétylène et y cristallise avec facilité. Le fait d'obtenir une combinaison soluble d'un carbure dans le gaz ammoniac liquéfié nous semble intéressant : il nous permettra évidemment d'aborder l'étude d'un certain nombre de doubles décompositions dans l'ammoniac liquéfié.

» *Action de l'acétylène sur le potassammonium.* — Les réactions obtenues avec le potassammonium sur l'acétylène sont semblables aux précédentes. Nous avons préparé l'acétylure acétylénique de potassium de formule C^2K^2, C^2H^2 très bien cristallisé en lamelles rhomboédriques brillantes, d'aspect soyeux, ayant l'apparence de l'acide borique [1]. Après absorption de l'ammoniac et de l'acétylène en excès, le gaz recueilli était de l'éthylène pur.

» Ces cristaux, projetés dans le gaz chlore, s'enflamment à froid avec grand dégagement de lumière, dépôt de charbon et formation d'acide chlorhydrique. Dans une atmosphère d'acide carbonique il n'y a pas de

(1) 0gr,4125 de potassium a donné après fixation d'acétylène et dégagement de gaz 0gr,665; théoriquement, on aurait dû obtenir 0gr,676. A l'analyse, nous avons trouvé :

	1.	2.	Théorie pour C^2K^2, C^2H^2.
C	37,10	36,98	37,50
K	61,18	61,03	60,93

réaction à froid, mais, aussitôt que l'on chauffe légèrement, il se produit une combustion très vive. Le gaz acide sulfureux réagit à froid sur ce composé avec incandescence.

» *Action de l'acétylène sur le lithium-ammonium.* — Avec le lithium la réaction est la même que précédemment, cependant la combinaison de carbure de lithium et d'acétylène étant moins soluble dans l'ammoniac liquéfié, le dépôt cristallin est plus abondant et le liquide produit est moins limpide.

» Enfin, dans le cas du lithium une nouvelle réaction intervient. L'acétylure acétylénique de lithium C^2Li^2, C^2H^2 fixe de l'ammoniac en donnant un composé très bien cristallisé de formule $C^2Li^2, C^2H^2, 2AzH^3$ (1) en cristaux rhomboëdriques transparents. A la loupe ces cristaux ont l'aspect du spath d'Islande. Ce composé est beaucoup plus altérable que les composés du sodium ou du potassium; au contact de l'eau, il devient incandescent.

» Projeté dans le chlore à la température ordinaire, chaque parcelle devient incandescente, s'entoure d'une flamme et laisse un résidu noir en produisant des fumées abondantes de chlorhydrate d'ammoniaque. Cet acétylure acétylénique ammoniacal prend feu dans le gaz acide carbonique et le gaz acide sulfureux.

» Il est facilement dissociable à la température ordinaire à l'air ou dans un courant d'hydrogène, et il laisse comme résidu le carbure de lithium C^2Li^2 sous forme d'une poudre blanche très divisée, décomposable par l'eau avec incandescence.

» *Action de l'acétylène sur le calcium-ammonium.* — Nous obtenons dans le cas du calcium de beaux cristaux prismatiques transparents, ayant l'apparence du chlorhydrate d'ammoniaque, qui se dissocient avec facilité à la température ordinaire en dégageant de l'acétylène et de l'ammoniac dans la proportion de un volume d'acétylène et de quatre volumes d'ammoniac.

» Ce nouveau composé répond à la formule $C^2Ca, C^2H^2, 4AzH^3$ (2). C'est donc ou bien une combinaison de carbure de calcium et d'acétylène

---

(1) Poids de Li mis en expérience $0^{gr},1475$; poids du composé recueilli $1^{gr},026$; théoriquement pour $C^2Li^2, C^2H^2, 2AzH^3$ on aurait dû obtenir $1^{gr},0325$. Dosage du carbone à l'état d'acétylène : C, 48,18 et 48,67; théorie 48,97.

(2) Nous donnerons le détail de toutes ces analyses dans le Mémoire qui paraîtra aux *Annales de Physique et de Chimie*.

ou un nouveau carbure de calcium ammoniacal $C^4H^2Ca, 4AzH^3$. La facile dissociation de ce composé nous fait adopter la première formule

» L'acétylure acétylénique ammoniacal de calcium, comme celui de lithium, se forme avec dégagement de gaz éthylène.

» De même que le dérivé du lithium, projeté dans l'eau, il devient incandescent et chaque parcelle s'entoure d'une flamme. A la température de $+150°$ sa décomposition est complète, et il laisse un carbure de calcium qui a été analysé, de formule C^2Ca, très pulvérulent, qui se décompose au contact de l'eau privée d'air avec incandescence.

» L'acétylure acétylénique ammoniacal de calcium est décomposé à la température ordinaire par le chlore, l'acide carbonique et l'acide sulfureux. Dans les trois cas la réaction se produit avec incandescence.

» *Conclusions*. — Par l'action des métaux-ammoniums sur l'acétylène, nous avons obtenu les acétylures acétyléniques suivants :

C^2K^2, C^2H^2, C^2Na^2, C^2H^2, $C^2Li^2, C^2H^2, 2AzH^3$, $C^2Ca, C^2H^2, 4AzH^3$.

» Tous ces composés se dissocient et laissent les carbures ou acétylures correspondants : C^2K^2, C^2Na^2, C^2Li^2, C^2Ca.

» Dans ces réactions des métaux-ammoniums sur le gaz acétylène, il se produit une hydrogénation de ce dernier et l'on recueille de l'éthylène. Enfin, ces combinaisons acétyléniques des carbures sont solubles dans l'ammoniac, et cette propriété nous permettera d'obtenir à basse température des réactions nouvelles, par exemple avec les chlorures et iodures métalliques solubles dans le même gaz. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la couleur du carbure de calcium*. Note de M. HENRI MOISSAN.

« Nous avons établi, dans nos recherches précédentes, que les carbures de potassium C^2K^2 et de lithium C^2Li^2 pouvaient se préparer en lamelles cristallines transparentes et incolores. Nous avons obtenu le carbure d'aluminium, C^3Al^4, en lamelles jaunes transparentes, parfaitement cristallisées. Au contraire, lorsque nous avons préparé, le premier, au four électrique les carbures de calcium, de strontium et de baryum, nous avons décrit ces nouveaux composés cristallisés comme des corps ne possédant qu'une légère transparence en lames très minces et présentant une surface mordorée caractéristique.

» Cet aspect mordoré et la coloration des cristaux ne sont dus qu'à une impureté. Lorsque le carbure de calcium ne contient pas trace de fer, il est transparent comme le carbure de lithium ou le chlorure de sodium.

» Nous citerons comme exemples les expériences suivantes :

» 1° Lorsque l'on chauffe au rouge sombre [1] le calcium métallique dans une brasque de carbone amorphe pur, provenant de la décomposition brusque de l'acétylène, on obtient un carbure de calcium blanc décomposable par l'eau froide avec formation de chaux hydratée et dégagement d'acétylène. Ce carbure, examiné au microscope, est formé d'un amas de cristaux transparents.

» 2° Lorsque l'on chauffe dans une brasque de carbone amorphe pur l'hydrure de calcium CaH^2 dont nous avons indiqué la préparation par union directe de l'hydrogène et du calcium, on obtient un carbure de calcium C^2Ca blanc qui, en lamelles minces, est entièrement transparent.

» 3° Le résultat est identique lorsque l'on répète l'expérience précédente avec l'azoture de calcium cristallisé Az^2Ca^3.

» 4° L'acétylure acétylénique ammoniacal de calcium

$$C^2Ca, C^2H^2, 4AzH^3$$

que nous avons obtenu à — 60° par l'action de l'acétylène sur le calcium-ammonium laisse, par sa décomposition totale, un carbure de calcium C^2Ca, d'une grande blancheur qui, au microscope, est transparent.

» Enfin nous décrirons l'expérience suivante : nous avons pris ce carbure de calcium blanc, nous l'avons mélangé d'une petite quantité d'oxyde de fer, puis le tout a été fondu au four électrique dans un creuset de graphite pur. Après refroidissement, nous avons obtenu un carbure de calcium mordoré et semblable, comme aspect, au carbure préparé dans l'industrie.

» Le carbure de calcium absolument pur est donc transparent; lorsqu'il est marron et d'apparence mordorée, cet aspect doit être attribué à la présence du fer. Une trace de ce métal suffit pour produire cette coloration. »

---

(1) Cette synthèse du carbure de calcium se fait à basse température; on peut la réaliser en chauffant le mélange de charbon et de calcium dans un creuset de porcelaine au moyen de la flamme d'une lampe à alcool. Nous devons ajouter que la chaleur dégagée par l'union du carbone et du calcium est assez grande pour amener la fusion du carbure de calcium, fusion qui n'a pu être obtenue jusqu'ici qu'au moyen du four électrique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les propriétés de l'aluminium.* Note de M. A. **Ditte**.

« L'aluminium a été considéré pendant longtemps comme un métal tout à fait remarquable à cause de la résistance qu'il paraît opposer à l'action de la plupart des agents chimiques; et cependant cette résistance n'existe pas. Si, dans la magistrale étude qu'il lui a consacrée, M. Sainte-Claire Deville l'a regardé comme inaltérable à l'air, inattaquable par les acides autres que l'acide chlorhydrique, et par la plupart des matières salines, cela tient uniquement à ce que les chaleurs de formation de l'alumine et de ses sels n'avaient pas encore été déterminées. S'il les avait connues, elles se seraient immédiatement montrées à son esprit comme incompatibles avec les propriétés que l'aluminium semblait posséder ; elles l'auraient certainement conduit à reconnaître le fait étonnant d'un métal dont les propriétés véritables n'ont presque rien de commun avec celles qui paraissent lui appartenir.

» J'ai montré, il y a quelques années (*Comptes rendus*, t. CX, p. 573, 782), que, si l'aluminium paraît n'attaquer ni l'eau, ni les acides sulfurique et azotique étendus, quoique sa chaleur d'oxydation de 131 calories par atome d'oxygène doive lui faire attribuer une énergie chimique voisine de celle du calcium, le fait tient à ce que le métal se recouvre immédiatement d'une couche d'hydrogène, de bioxyde d'azote ou d'alumine, continue, imperméable et très adhérente qui supprime tout contact entre l'aluminium et le liquide dans lequel on l'immerge. Ces enduits protecteurs se forment également avec les autres acides et masquent l'altérabilité du métal en la remplaçant par une inaltérabilité apparente. Ainsi les acides acétique, tartrique, citrique, oxalique, etc., semblent, eux aussi, au premier abord ne pas dissoudre l'aluminium; mais, en observant avec soin ce qui se passe, on s'aperçoit bientôt qu'au contraire une action chimique se manifeste dès qu'on immerge le métal dans la solution acide, puis qu'elle s'arrête au bout d'un temps très court, aussitôt la lame métallique recouverte d'une couche gazeuse continue, qui lui adhère fortement. On peut, du reste, se débarrasser de ce gaz, à l'aide des procédés qui réussissent avec les acides sulfurique et azotique, soit en opérant dans le vide, soit de toute autre façon, et alors l'action se continue, plus ou moins lente, jusqu'à dissolution complète de l'aluminium. On peut donc dire d'une manière générale que

tous les acides étendus l'attaquent et le dissolvent, quoique tous, sauf l'acide chlorhydrique, paraissent n'avoir pas d'action sur lui. Avec les dissolutions salines, l'aluminium donne lieu à des phénomènes non moins remarquables. J'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. CX) comment les sulfates et les azotates sont décomposés; examinons maintenant les chlorures. On admet que toutes leurs dissolutions sont précipitées par l'aluminium à l'exception de celles des métaux alcalins et alcalino-terreux; or, un de ces chlorures, le sel marin par exemple, pourrait donner du chlorure d'aluminium, de la soude et de l'hydrogène avec dégagement de chaleur :

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &Al^2 + 6NaCl \text{ dissous} + 3H^2O \\ &\quad = Al^2Cl^6 \text{ dissous} + 3Na^2O \text{ dissoute} + 3H^2 + 157,3. \end{aligned}\right.$$

Mais comme la soude et le chlorure d'aluminium en dissolution peuvent à leur tour donner lieu à une double décomposition exothermique :

$$(2)\qquad Al^2Cl^6 \text{ dissous} + 3Na^2O \text{ dissous} = Al^2O^3 + 6NaCl \text{ dissous} + 287,$$

il en résulte que, si l'on immerge une lame d'aluminium dans une solution de sel marin, les choses reviennent à l'action du métal sur l'eau, réaction qui, malgré son exothermicité considérable, est immédiatement arrêtée par le dépôt d'une couche d'alumine que le chlorure de sodium ne dissout pas; et grâce au dépôt d'alumine d'un côté, à celui d'hydrogène de l'autre, l'aluminium, qui devrait attaquer énergiquement les dissolutions de sel marin, comme les acides étendus, puisqu'il est oxydable par l'eau pure, demeure inaltéré en apparence, aussi bien dans les unes que dans les autres de ces dissolutions.

» Mais il n'en sera plus ainsi quand on mélangera les deux liqueurs, une de sel marin avec une d'acide acétique par exemple; l'acide, en effet, neutralise, au fur et à mesure de sa formation, la soude qui provient de la réaction (1), la décomposition du chlorure d'aluminium par cette soude ne peut donc plus avoir lieu, et l'acétate alcalin qui se produit est de son côté sans action sur le sel marin; dans un tel mélange l'hydrogène n'adhère que peu à la surface de l'aluminium, de sorte qu'on le voit se dégager avec lenteur en même temps que le métal se dissout. Il suffit d'ajouter à une solution salée, dans laquelle l'aluminium demeurerait inaltéré, quelques gouttes d'acide acétique pour que le dégagement d'hydrogène commence et il se continue lentement tant que l'acide n'est pas saturé; quand la réaction s'arrête, l'addition d'un peu d'acide acétique fait recommencer le dégagement d'hydrogène.

» Naturellement, tout acide autre que l'acide acétique se comporte de la même manière que lui en présence du sel marin ; tels sont les acides tartrique, citrique, oxalique, etc. ; leurs dissolutions n'agissent pas à froid sur l'aluminium ; mais, additionnées de sel marin, elles donnent lieu à un dégagement continu d'hydrogène. La production de ce gaz est toujours lente ; elle est plus rapide avec tel acide qu'avec tel autre, par exemple avec l'acide citrique qu'avec l'acide tartrique, et ce fait tient à l'adhérence plus ou moins énergique que l'hydrogène, au sein des diverses liqueurs, contracte avec le métal. A mesure que la lame se dépolit davantage en se dissolvant, cette adhérence diminue, le dégagement devient plus facile, et, toujours pour la même raison, l'action est plus rapide quand on opère dans le vide où la formation de la couche gazeuze est d'autant plus difficile que la pression devient moindre.

» Les sels acides capables de saturer la soude que donnerait la décomposition du sel marin, conformément à la formule (1), se comportent comme des acides libres : une solution de crème de tartre paraît tout à fait indifférente à l'égard d'une lame d'aluminium que l'on y plonge ; vient-on à lui ajouter du sel marin, le métal est attaqué lentement en dégageant de l'hydrogène. Le bioxalate de potasse se conduit comme le bitartrate, et tandis que des solutions de ces corps sont, comme celles de chlorure de sodium, sans action apparente sur l'aluminium, il suffit de les mélanger entre elles pour que le métal se dissolve en donnant lieu à un dégagement d'hydrogène.

» Le sel marin peut, du reste, être remplacé soit par le chlorure de potassium, soit par un bromure ou un iodure alcalin, les réactions analogues à (1), desquelles peuvent résulter un alcali avec du bromure ou de l'iodure d'aluminium, étant fortement exothermiques. Quel que soit celui de ces sels qu'on mélangera avec un acide libre ou un sel acide capables de saturer l'alcali formé, l'aluminium sera attaqué par le mélange ; la réaction sera toujours lente à froid, d'autant plus que l'hydrogène adhérera avec plus de facilité à la surface métallique ; elle pourra même, et c'est le cas avec les iodures alcalins, ne se produire que dans une atmosphère réduite à quelques millimètres de pression si l'adhérence du gaz au métal est considérable, et les choses se passeront alors comme elles ont lieu dans les acides étendus purs.

» Les sels alcalino-terreux, que l'on regarde, eux aussi, comme n'agissant pas sur l'aluminium, se trouvent exactement dans le même cas que

les sels alcalins; le chlorure de calcium donnerait :

$$2\,Al + 3\,CaCl^2 \text{ diss.} + 3\,H^2O = Al^2Cl^6 \text{ diss.} + 3\,CaO \text{ diss.} + 3\,H^2 + 145{,}8,$$

le chlorure de magnésium dégagerait $137^{Cal},9$ dans les mêmes circonstances, et il suffit d'ajouter à ces dissolutions un acide capable de saturer la chaux ou la magnésie à mesure qu'elles se produisent, pour observer l'attaque de l'aluminium avec dégagement d'hydrogène tant que l'acide ajouté n'est pas entièrement transformé en sel soluble de chaux ou de magnésie. Parmi les matières salines, les carbonates alcalins sont à signaler d'une façon toute particulière, car leurs dissolutions ont sur l'aluminium une action énergique même à froid, elles attaquent le métal presque aussi rapidement que le font les alcalis caustiques en dégageant de l'hydrogène; avec le carbonate de soude, par exemple, la quantité de chaleur mise en jeu est considérable :

$$Al^2 + 2\,CO^3Na^2 \text{ diss.} + 4\,H^2O = Al^2O^3, Na^2O \text{ diss.} + 2\,CO^2, Na^2O, H^2O \text{ diss.} + 3\,H^2 + (164^{Cal},6 + q),$$

(q étant la chaleur de formation de l'aluminate de soude dissous, à partir de la soude dissoute et de l'alumine hydratée). Le gaz dégagé est de l'hydrogène pur, l'acide carbonique qui résulte de la décomposition du carbonate neutre passant immédiatement, au contact d'un excès de ce dernier, à l'état de bicarbonate alcalin; la réaction s'arrête d'ailleurs quand il n'y a plus que du bicarbonate dans la liqueur. Il ne saurait en effet exister de l'acide carbonique libre en présence d'aluminate de soude, puisque les expériences de H. Sainte-Claire Deville ont établi qu'un courant de ce gaz décompose l'aluminate alcalin en régénérant du carbonate et de l'alumine hydratée grenue et dense. Comme, de son côté, le bicarbonate de soude ne saurait être décomposé par l'aluminium sans donner de l'acide carbonique libre, il en résulte que, tandis que le carbonate neutre de soude attaque énergiquement le métal, celui-ci doit rester indéfiniment inaltéré dans une solution de bicarbonate, et c'est ce qu'il est aisé de constater par l'expérience. Wöhler a annoncé que l'aluminium n'est pas altéré par l'ammoniaque en dissolution concentrée, qu'il l'est lentement par une solution étendue avec formation d'un peu d'alumine qui se dissout partiellement dans la liqueur, et que la réaction s'arrête au bout de peu de temps, le métal restant couvert d'un enduit noir. Le calcul thermique montre cependant qu'une liqueur ammoniacale quelconque doit dissoudre l'alumi-

nium aussi bien qu'une dissolution de potasse ou de soude, car on a :

$$Al^2 + (AzH^4)^2O\,\text{diss.} + 3H^2O = Al^2O^3(AzH^4)^2O\,\text{diss.} + 3H^2 + (186 + q),$$

(q étant la quantité de chaleur que l'alumine hydratée dégage en se dissolvant dans une liqueur ammoniacale pour former un aluminate plus ou moins dissocié) et c'est bien ce que l'expérience vérifie; avec de l'aluminium impur, le seul dont Wöhler ait jamais disposé, l'attaque est lente et, comme l'illustre savant l'a observé, le métal se recouvre bientôt d'un enduit foncé, mélange de fer, de silicium et d'autres impuretés; ce mélange, sur lequel l'ammoniaque n'a pas d'action, protège mécaniquement l'aluminium contre toute attaque du liquide alcalin. Quand le métal est pur, au contraire, il est immédiatement attaqué par l'ammoniaque étendue ou concentrée, et de l'hydrogène se dégage pendant que l'alumine produite se dissout dans la liqueur qui reste transparente et limpide; mais au bout de quelque temps le dégagement gazeux se ralentit, peu à peu le métal se recouvre d'une couche mince, légèrement jaunâtre, dure, très adhérente à la surface, et cette couche ne tarde pas à supprimer tout contact entre le liquide et le métal, qui dès lors n'est plus attaqué; la dissolution ammoniacale d'alumine, qui renferme de l'aluminate d'ammoniaque plus ou moins décomposé, ne tarde pas d'ailleurs à se troubler et à déposer contre les parois du vase qui la contient un enduit adhérent de l'hydrate cristallisé $Al^2O^3, 3H^2O$; la formation de cet hydrate a lieu sous l'influence de petites quantités d'acide carbonique de l'atmosphère ou d'alumine gélatineuse, par le mécanisme que j'ai indiqué (*Comptes rendus*, t. CXVI, p. 183 et 386) à propos des aluminates de potasse et de soude. En définitive, l'aluminium n'est pas un métal inaltérable, et, loin de résister à la plupart des agents chimiques, il subit leur action avec facilité, conformément à la nature thermochimique de ses combinaisons; mais il est remarquable par l'opposition frappante qui existe entre ses qualités réelles et ses propriétés apparentes. Grâce à la facilité extrême avec laquelle il se recouvre de couches protectrices gazeuses ou solides, il n'y a entre lui et les liquides dans lesquels on le plonge qu'un contact extrêmement imparfait, si bien que dans les conditions habituelles, ceux-ci ne réagissent qu'avec une lenteur excessive et paraissent n'avoir pas d'action. Cependant l'altération de l'aluminium est très sensible dans un grand nombre de circonstances, toutes les fois par exemple qu'il se trouve en présence d'une liqueur renfermant du sel marin ou un sel analogue, en même temps qu'un acide libre, ou un sel acide; l'alumine ne se dépose d'ailleurs pas,

elle se change en sel soluble, et la dissolution du métal ne peut pas être considérée comme négligeable dans certaines liqueurs à froid et surtout à chaud. Ainsi une solution aqueuse, renfermant $\frac{5}{100}$ d'acide acétique cristallisable et autant de sel marin ou d'un autre sel haloïde analogue, dissout activement l'aluminium, dès 50°, avec dégagement d'hydrogène, et il en est de même quand on remplace l'acide acétique libre par un des sels acides, crème de tartre, sel d'oseille, etc., dont nous avons parlé. Comme les sels d'alumine n'ont pas d'influence appréciable sur l'économie, il n'y a pas d'accidents toxiques à redouter, mais l'usure des vases d'aluminium peut devenir assez rapide quand ils contiennent des liquides à la fois acides et salés. Elle se manifeste tout particulièrement avec les carbonates alcalins dont l'emploi est si habituel pour nettoyer les ustensiles de ménage qui ont contenu des matières grasses, et ces carbonates ne peuvent guère être utilisés dans le cas de vases en aluminium; en effet, une solution au centième de carbonate de soude les attaque lentement à froid, plus vivement vers 50°, et plus rapidement encore vers la température d'ébullition; à plus forte raison, l'action serait-elle très intense avec des solutions concentrées de carbonate.

» En dernière analyse, l'aluminium est attaqué d'une manière plus ou moins profonde par tous les agents chimiques, ou à peu près, dès que l'enduit protecteur habituel ayant disparu, en totalité ou en partie, le métal se trouve en contact avec les liquides qu'il renferme. Dans ses applications à la fabrication des vases culinaires, d'objets destinés à l'équipement de nos soldats, il y a donc lieu de se préoccuper des altérations plus ou moins intenses qu'il est susceptible d'éprouver. »

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Histologie de la peau. La matière grasse de la couche cornée de l'épiderme chez l'homme et les mammifères.* Note de M. L. **Ranvier.**

« Dans mon Traité technique d'Histologie, j'ai soutenu l'opinion que la couche cornée de l'épiderme (*stratum corneum*) est infiltrée de graisse. Je ne savais rien alors de bien précis sur la nature de cette graisse ni sur sa répartition histologique. Je viens aujourd'hui communiquer des faits nouveaux qui conduiront sans doute à des notions plus complètes. Dans un premier paragraphe, je m'occuperai de la nature de la matière grasse de l'épiderme; dans un second, de la répartition de cette matière.

» Pour apprécier les propriétés physiques de la matière grasse en question, sa consistance, sa plasticité et son point de fusion, par exemple, il fallait en obtenir une quantité notable, plus que microscopique, et sans mélange avec les autres produits de la sécrétion cutanée, le sebum surtout.

» J'ai déjà indiqué que, chez le cochon d'Inde, la peau de la plante des pieds ne renferme ni poils, ni glandes d'aucune espèce. Chez l'homme, la paume de la main et la plante du pied, comme tout le monde le sait, sont dépourvues de poils et de glandes sébacées; elles possèdent de nombreuses glandes sudoripares, il est vrai, mais la présence de ces glandes ne pouvait fausser les résultats des recherches que je me proposais d'entreprendre, on en jugera bientôt.

» Voilà donc les deux objets d'étude trouvés. Voici maintenant la méthode à laquelle j'ai eu recours : la peau ou le membre entier qu'elle recouvre est plongé pendant trente secondes dans l'eau bouillante. L'épiderme s'en détache ensuite comme un gant. Ce procédé a un double avantage : les lambeaux d'épiderme sont débarrassés de la graisse qui pourrait se trouver accidentellement à leur surface, et ils sont assez grands ou assez nombreux. Pour me faire bien comprendre, je dirai de suite que l'épiderme de la paume des mains de l'homme fournit ainsi un seul lambeau, duquel on peut extraire à peu près $0^{gr},10$ de matière grasse. On le met à macérer pendant vingt-quatre heures dans une petite quantité d'éther rectifié, on décante et on laisse évaporer.

» La graisse épidermique est jaunâtre, solide à la température ordinaire. Elle a la consistance et la plasticité de la cire. Si on la presse avec l'ongle contre une surface de verre elle adhère à l'un et à l'autre, et pour les séparer il faut une certaine force que l'on peut apprécier aisément. Elle fond à une température voisine de 35°C., comme la cire d'abeilles. Pour le constater on pourra répéter l'expérience suivante : on applique sur un petit carré de papier à cigarette, à une faible distance l'un de l'autre, deux fragments gros comme la tête d'une épingle, l'un de cire d'abeilles, l'autre de cire épidermique. Le carré de papier est maintenu dans un petit tube de verre muni d'un thermomètre. On chauffe progressivement dans un bain d'eau. Les deux cires fondent en même temps, à 35°, en faisant chacune au papier une tache bien apparente.

» Je n'ai pas poussé plus loin ces recherches, car il me suffisait de savoir que la graisse épidermique de l'homme et des mammifères est comparable à la cire des abeilles. C'est un rapprochement d'autant plus intéressant que

la cire des abeilles, comme celle des mammifères, est un produit de sécrétion de la peau.

» Je vais m'occuper maintenant de la répartition de la cire épidermique dans le *stratum corneum*. Lorsqu'on a laissé un fragment de peau pendant vingt-quatre heures dans une solution d'acide osmique à $\frac{1}{100}$, on constate que la couche cornée de l'épiderme est devenue noire. P. Langerhaus, qui fit le premier cette observation, pensa qu'il s'agissait là d'une propriété qui rapprochait l'épiderme des cellules adipeuses, de la myéline des tubes nerveux et des segments externes des cônes et des bâtonnets de la rétine que l'acide osmique colore également en noir.

» Le Dr Unna, de Hambourg, remarqua que la couche cornée, au sortir du bain d'acide osmique, n'était pas uniformément noire et qu'en son milieu se trouvait une zone incolore. Je fis alors observer que l'épaisseur des deux couches noires, l'externe et l'interne, dépendait de la durée du séjour du fragment de peau dans la solution osmique. Bien plus, si la couche cornée est mince et si l'action du réactif est suffisante, le *stratum corneum* est noir dans toutes ses parties. J'ajoutai que si, avant d'immerger la peau dans l'acide osmique on l'a traitée successivement par l'alcool absolu et l'éther, l'acide osmique ne produit plus dans le *stratum corneum* sa réaction caractéristique. J'en ai conclu que cette dernière couche était infiltrée de graisse et que c'était à la présence de cette substance qu'il fallait attribuer la coloration qu'elle prend sous l'influence de l'osmium.

» Les choses en étaient là lorsque j'ai entrepris de nouvelles recherches que j'ai déjà exposées à mes auditeurs du Collège de France. Un fragment de peau emprunté à la plante du pied du cochon d'Inde a été desséché, puis on y a fait au rasoir, et perpendiculairement à la surface, des coupes microscopiques minces, mais cependant d'épaisseur variée. Certaines de ces coupes ont été enlevées obliquement de manière à figurer un ruban en forme de coin. Ces coupes furent placées dans l'eau jusqu'à complet gonflement, c'est-à-dire pendant une minute à peu près, puis elles furent soumises, pendant une heure, à l'action de l'acide osmique. Lavées et montées en préparations dans la glycérine, on constata le lendemain : 1° que dans les coupes très minces le *stratum corneum* n'était pas coloré; 2° que dans les coupes épaisses il était uniformément noir; 3° que dans les coupes d'épaisseur moyenne il était tacheté de noir, comme tigré; 4° que dans les coupes en forme de coin il était possible d'observer successivement, en allant des régions les plus épaisses aux plus minces, une série d'états intermédiaires.

» Les taches noires du *stratum corneum* dans les coupes tigrées sont toutes à peu près semblables. Leur épaisseur est de 5 à 7 μ et leur largeur de 30 à 40 μ. Leur forme est trapézoïde, losangique ou rectangulaire. Quant elles s'avoisinent, elles sont séparées par des bandes claires. Chacune de ces taches correspond à une des cellules du *stratum corneum*.

» Les conclusions à tirer de cette observation sont nombreuses et importantes; mais, avant de les aborder, il importe de connaître l'action de l'acide osmique sur la cire épidermique extraite par l'éther. Au microscope, cette cire, lorsqu'elle n'a été ni fondue ni malaxée, se montre sous la forme de grains isolés ou groupés en forme de boules de grandeur variable.

» Ces grains et ces boules, sous l'influence de l'acide osmique, se colorent rapidement en noir. J'ai vu sortir de certaines des boules des excroissances myéliniques. Je ne veux pas aujourd'hui m'étendre davantage sur cette observation. Qu'il nous suffise de savoir que la cire épidermique extraite par l'éther se colore en noir sous l'influence de l'acide osmique. Une simple comparaison conduit à admettre que les taches noires que ce réactif montre dans le *stratum corneum* correspondent à de petites masses de cire épidermique.

» Par conséquent, les cellules de la couche cornée de l'épiderme, loin d'être des écailles desséchées, comme on l'a cru jusqu'à présent, sont des utricules déformés par pression réciproque, ayant une enveloppe résistante et un contenu cireux. Ce contenu s'échappe sans doute des utricules ouverts par le rasoir, quand on fait les coupes. On comprend que, dans les coupes très minces, tous les utricules soient ouverts et aient laissé sortir leur matière cireuse. On conçoit que ces dernières coupes ne puissent plus être colorées par l'acide osmique. Dans les coupes épaisses, le *stratum corneum* se colore parce qu'elles contiennent encore un très grand nombre d'utricules qui n'ont pas été entamés. Les coupes d'épaisseur moyenne pourront présenter, à côté d'utricules ouverts, d'autres utricules laissés intacts. Les utricules ayant une largeur maxima de 40 μ, si la coupe a une épaisseur un peu supérieure à cette dimension, il s'y trouvera nécessairement des utricules clos à côté de ceux qui ont été ouverts et l'aspect tigré dont j'ai parlé plus haut se produira.

» De la présence et du mode de distribution de la cire épidermique dans le *stratum corneum* il résulte que le corps entier est recouvert d'un vernis protecteur dont la solidité et la souplesse sont incomparables. Nous

sommes protégés par une couche subéreuse dont les cellules sont remplies de cire.

» Le *stratum corneum*, autant que le permet sa faible épaisseur, nous défend par sa structure subéreuse contre les injures mécaniques et par sa cire contre les actions chimiques.

» Comment se forme l'enveloppe des cellules de la couche cornée de l'épiderme, comment s'élabore la cire dans leur intérieur? Je m'en occuperai dans de prochaines Communications. »

ANATOMIE. — *Morphologie des ceintures et des membres pairs et impairs des Sélaciens*. Note de M. **Armand Sabatier** [1].

« Les ceintures et les membres pairs des Sélaciens présentent de prime abord, avec ceux des Téléostéens, des différences si considérables qu'on est tenté de renoncer à toute détermination d'homologies, sinon pour l'ensemble, du moins pour les parties constituantes.

» Dans une Note antérieure (*Comptes rendus* du 20 janvier 1896), j'ai exposé que les ceintures et les nageoires paires des Poissons osseux provenaient du dédoublement de deux interépineux successifs, dont le postérieur, devenu antérieur par suite d'un mouvement de bascule, fournissait à la fois les éléments propres de la ceinture (scapulum, coracoïde, précoracoïde) et l'humérus très rudimentaire et mal différencié, et dont l'antérieur, devenu à son tour postérieur, fournissait le radius, le cubitus, le pisiforme et les métacarpophalangiens. Chez les Téléostéens, ces diverses parties, formées de lames minces et rigides, et de crêtes saillantes, constituent un ensemble de parties bien délimitées, et, le plus souvent même, séparées et distinctes.

» Chez les Sélaciens, les ceintures consistent chacune en une masse continue, à formes lourdes, à arêtes émoussées et dont les parties sont si bien fondues qu'on n'en peut fixer les limites et qu'on n'en discerne pas clairement la signification.

» Après de longues observations, j'eusse renoncé à déterminer leurs homologies, si je n'avais trouvé la clef du problème dans un type vraiment spécial parmi les Téléostéens, et qui, à certains égards, révèle entre eux et

---

[1] Travail de la Station zoologique de Cette (Université de Montpellier).

les Sélaciens des points de contact très remarquables. Il s'agit de la baudroie commune *Lophius piscatorius*, dont on pêche à Cette de très beaux spécimens.

» Il convient d'abord de remarquer que les nageoires pectorales de la baudroie sont, comme celles de la plupart des Sélaciens, situées dans un plan horizontal, et qu'elles possèdent une portion basilaire en moignon qui, se détachant comme un bras de la masse du corps, rappelle les nageoires massives des Sélaciens.

» Ce qui frappe encore, c'est que la ceinture antérieure de la baudroie a, comme celle des Sélaciens, la forme d'un arc largement ouvert en arrière, et composé de deux moitiés unies sur la ligne médiane par une symphyse plus ou moins complète. Cette ceinture est rattachée au post-temporal du crâne par un os dermique, faussement désigné comme sus-claviculaire. Chacune des deux moitiés de la ceinture, au lieu d'être composée de lames et de crêtes minces et distinctes, se présente comme une masse cylindrique unique, à crêtes obtuses et surbaissées, dont l'ensemble ressemble fort à la ceinture des Sélaciens. Comme chez ces derniers la ceinture ne paraît pas formée par le rapprochement et l'association de deux interépineux successifs déplacés et transformés. Cette double composition, très évidente chez la plupart des autres Téléostéens, est ici fortement masquée par deux circonstances : 1° la portion du second interépineux destinée à fournir le radius, le cubitus et le pisiforme est extrêmement petite, et se réduit à une petite saillie soudée à la ceinture dont elle semble n'être qu'un simple appendice; 2° les métacarpophalangiens, dont le nombre semble réduit à deux, ont pris au contraire de très grandes dimensions. Il y a donc, entre la portion antibrachiale et la portion métacarpienne, un contraste remarquable de développement, une sorte de balancement.

» La saillie antibrachiale, courte et trapue, a sa base perforée par un canal destiné aux nerfs du plexus brachial qui se rendent à la face inférieure ou palmaire de la nageoire. Elle porte une surface condylienne sur laquelle s'articulent les deux métacarpiens. Ces connexions sont bien celles que présentent, chez les autres Téléostéens, le radius, le cubitus et le trou interosseux destiné au passage des nerfs palmaires. Le pisiforme, qui reste soudé au cubitus, se réduit à une tige grêle et recourbée, dont l'arc délimite un intervalle existant entre les deux interépineux de la ceinture, ou lacune interépineuse.

» Les deux métacarpiens sont longs, mais de volumes inégaux. L'antérieur, qui est franchement cubital, est le plus grand. Son extrémité distale, élargie en raquette, présente deux crêtes longitudinales qui pourraient indiquer que cet os est la synthèse de deux ou trois métacarpiens cubitaux des autres Téléostéens. Le métacarpien du côté radial, qui est proprement cubito-radial, est plus court et plus mince. Il me paraît répondre au premier métacarpien cubital des Poissons osseux. On sait que, chez ces derniers, le métacarpien proprement radial n'est pas encore séparé du radius, et manque parfois complètement. C'est également le cas chez la baudroie.

» Cette structure, comparée à celle de la ceinture pectorale des Sélaciens, montre de frappantes ressemblances : la ceinture de *Scyllium catulus* par exemple forme, comme celle de la baudroie, un arc concave à large ouverture, seulement le plan de la ceinture est un peu relevé en arrière. Sur la face inférieure de la ceinture, s'élève de chaque

côté une saillie massive, grossièrement conique, qui se prolonge en avant en décroissant, et dont la base est perforée d'un canal qui sert de passage aux nerfs du plexus brachial qui se rendent à la face inférieure ou palmaire de la nageoire. Le sommet et le bord externe de la saillie fournissent des surfaces articulaires destinées aux pièces basilaires des trois secteurs de la nageoire désignés par Gegenbaur comme pro- meso- et métapterygium. Mais il faut noter que le secteur désigné par cet anatomiste comme propterygium est en réalité en dehors et en *arrière*, tandis que le prétendu métapterygium est en dedans et en *avant*. Ce sont là des désignations inexactes, qu'il conviendra d'abandonner pour de meilleures. On ne peut douter que cette saillie, perforée pour le passage des nerfs palmaires, et articulaire pour les articles basilaires de la nageoire, ne corresponde exactement à l'interépineux postérieur et réduit de la baudroie, c'est-à-dire aux radius, cubitus et pisiforme, et que les articles basilaires n'en représentent les grands métacarpiens. La similitude des connexions des parties squelettiques, soit entre elles, soit avec les muscles, soit avec les nerfs, ne permet pas l'hésitation. Seulement chez les *Scyllium* les parties sont plus empâtées et fondues, si bien que la lacune interépineuse a été comblée et a disparu. Mais la présence ou l'absence de cette lacune ne saurait infirmer les homologies. Outre qu'elle est de dimensions très variées chez les Poissons osseux où elle subsiste, elle disparaît dans certains types, les Balistes, les Zeus par exemple; et on la retrouve, même très agrandie, dans la ceinture antérieure des Sélaciens batoïdes, les Raies par exemple.

» Chez les *Achantias*, la saillie unique qui, chez les *Scyllium*, représente le deuxième interépineux, est remplacée par deux saillies distinctes : l'une, interne et plus aiguë, représente l'angle saillant ou bec du pisiforme; l'autre, située plus en dehors, est la saillie cubito-radiale dont la base est perforée par le canal nerveux. Cette forme est donc plus voisine de celle des Téléostéens.

» Il résulte de cette comparaison que la ceinture antérieure des Squalidés est, comme celle des Poissons osseux, formée par deux interépineux dédoublés, mais fondus de chaque côté en une masse unique, sur laquelle s'articulent les cartilages basilaires des segments de la nageoire, qui correspondent aux métacarpiens des Téléostéens.

» J'établirai, dans une Note ultérieure, que la ceinture antérieure si singulière des Raies n'est qu'une modification de celle des Squales, et a des relations frappantes avec celle de la baudroie et des autres Poissons osseux.

» D'ailleurs, la fusion des deux interépineux de la ceinture antérieure des Sélaciens n'a rien d'exceptionnel, comme forme générale, et ne saurait creuser un fossé profond entre les Poissons osseux et les Poissons cartilagineux. Cette fusion est, en effet, la règle très générale de la ceinture postérieure des Poissons des deux groupes. Les membres postérieurs pairs des Poissons (ceinture et extrémité) représentent, par suite des fusions et des réductions dont ils sont le siège, une forme régressive de ces appen-

dices. Il s'ensuit logiquement que les membres antérieurs des Sélaciens, qui sont le lieu des mêmes phénomènes, sont aussi des formes régressives. Mais, si l'on se rappelle que les membres antérieurs des Téléostéens sont, au contraire, le siège de différenciations nouvelles et de complications de structure, on est logiquement amené à considérer le Sélacien comme un type régressif, et le Téléostéen comme une forme progressive, tout au moins au point de vue squelettique. Il faut ajouter cependant que, tandis que dans les membres postérieurs des Téléostéens les métatarsiens ne sont jamais différenciés, chez les Sélaciens, un, deux ou même trois articles basilaires peuvent exister comme métatarsiens. Il y a plus chez les Sélaciens : dans les deux membres, des formations phalangiennes sont toujours formées aux dépens des métacarpiens ou des métatarsiens. Ce serait, en effet, une erreur que de confondre les plaques polygonales ou les tiges cartilagineuses multiples des nageoires des Sélaciens comme représentant les rayons des Téléostéens, productions dermiques ajoutées au squelette fondamental de la nageoire. Ce sont, en réalité, des doigts multiples à phalanges plus ou moins nombreuses, et comparables aux régions phalangiennes des Ichtyosaures, des Cétacés, etc. Les rayons des nageoires des Poissons osseux sont représentés, chez les Sélaciens, par ces fins rayons scléreux, souples et serrés, qui surmontent la région phalangienne et soutiennent la portion marginale et membraneuse de la nageoire.

» Il y a donc chez le Sélacien, au point de vue de la constitution des ceintures et des membres, antérieurs et postérieurs, plus d'uniformité que chez les Téléostéens. Chez ces derniers, les membres antérieurs ont progressé comme complication de structure, tandis que les postérieurs se sont réduits et simplifiés. Cette diversité même est un caractère de tendance progressive.

» Si donc l'on décompose le membre du Poisson en trois segments : 1° le segment basilaire (ceinture, bras et avant-bras); 2° le segment palmaire, métacarpo ou métatarsophalangien ; 3° le segment radiaire, ou des rayons, on constate que le premier segment est, comme organisation, bien supérieur chez les Poissons osseux; le second, bien supérieur chez les Poissons cartilagineux; le troisième, bien supérieur chez les Poissons osseux.

» Chez les Sélaciens, la souplesse du tissu (cartilage) est associée à la résistance des formes massives; tandis que, chez les Téléostéens, la résistance du tissu (os) est associée à la multiplicité et à la mobilité des articulations et à la gracilité des formes squelettiques.

» En définitive, l'étude comparée des dispositions squelettiques des ceintures et des membres suffit déjà à susciter et à appuyer cette assertion, que les deux groupes de Poissons ci-dessus ne représentent pas, dans le champ évolutif, des types successifs, mais des formes divergentes pouvant provenir d'un type commun à dispositions squelettiques moins modifiées. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'un Correspondant pour la Section de Minéralogie, en remplacement de feu M. *James Hall*.

Au premier tour de scrutin, le nombre des votants étant 48,

M. Marsh obtient	44	suffrages,
M. Zittel	4	»

M. **Marsh**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

MÉMOIRES LUS.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Le foie, organe pigmentaire, chez les Invertébrés.* Note de MM. **A. Dastre** et **N. Floresco**.

« Après ceux des Vertébrés [1], nous avons examiné les pigments hépatiques des Invertébrés. Cette étude conduit, comme celle du fer hépatique que nous avons faite antérieurement, à des résultats d'une grande simplicité et d'une identité à peu près complète dans tout le règne animal. Chez tous les animaux, le foie présente jusque dans ses fonctions, récemment encore inconnues ou négligées, *d'organe pigmentaire* et *d'organe martial*, une constance et une fixité remarquables. L'homologie physiologique du foie se soutient donc partout, contrairement à une opinion répandue qui veut le réduire, chez les Invertébrés, au simple rôle d'un pancréas.

» Nous indiquerons d'abord les caractères qui différencient les foies des Vertébrés et des Invertébrés, au point de vue physiologique.

» I. *Différences*. — *a*. La première différence est relative à la distinction

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVI, n° 17, 25 avril 1898.

entre le tissu du foie et sa sécrétion, quant aux pigments qui les colorent. Chez les Vertébrés, les pigments hépatiques sont distincts des pigments biliaires. Cela tient à ce que, chez eux, il n'y aucun rapport entre la macération du tissu hépatique et sa sécrétion ou bile. Le foie, à l'inverse des glandes digestives, salivaires, gastriques, pancréatique, n'abandonne à l'eau qu'une liqueur sans ressemblance avec la sécrétion de cet organe, au point de vue des pigments comme de la plupart des autres constituants.

» Le résultat est tout différent chez les Invertébrés. Les pigments hépatiques s'y confondent, en partie (quant au pigment aqueux), avec les pigments de la sécrétion biliaire. Et cela tient à ce que, à l'inverse de ce qui avait lieu tout à l'heure, la macération du foie est très analogue à la sécrétion externe de cet organe, aussi bien au point de vue des pigments que des autres substances. Le foie abandonne à l'eau une liqueur que l'on peut identifier à la sécrétion. Nous en avons fourni la preuve, chez l'Helix, en montrant : en premier lieu, que les deux liquides présentent les mêmes spectres d'absorption, à deux bandes, exactement superposables, également inaltérables par le sulfure d'ammonium et détruits par les acides; et, en second lieu, qu'ils contiennent la même quantité de fer pour le même poids sec (environ $0^{mg},45$ pour 1^{gr} sec).

» *b*. La seconde différence, que nous ne faisons que confirmer après Krukenberg et Mac Munn, consiste dans l'absence d'acides choliques dans la sécrétion de l'Invertébré, alors même qu'elle est amère, opposée à leur présence constante dans la bile du Vertébré.

» *c*. Le troisième caractère distinctif est relatif à l'existence, dans le foie des Invertébrés, de ferments digestifs qui n'auraient pas encore été signalés dans le foie des Vertébrés. Ce résultat tient peut-être à ce que l'on n'a pas su les y rechercher; car, dans des conditions convenablement choisies, MM. U. Gayon et Dastre ont extrait un ferment inversif, et MM. Arthus et Huber ont manifesté l'amylase.

» II. *Analogies*. — Au point de vue des pigments hépatiques, l'analogie est complète dans toute la série animale. Le foie présente partout les deux mêmes pigments, la *ferrine* et le *choléchrome*. C'est la traduction précise de ce fait d'observation banale, que, chez tous les animaux, le foie est caractérisé par une coloration qui reste comprise dans la gamme du jaune au brun rouge.

» Cette règle d'identité ne comporte que deux exceptions, dont l'une purement apparente.

» a_1. Le premier pigment (*pigment aqueux, ferrine*) est soluble dans

l'eau légèrement alcaline ou chargée d'une petite quantité de substances organiques ou salines. Il s'obtient chez tous les animaux par les mêmes procédés d'extraction (digestion papaïnique, macération alcaline, etc.); il se retrouve dans la sécrétion de l'Invertébré, et la colore, résultat qui contredit les auteurs tels que Hoppe-Seyler et G. Bunge, d'après lesquels la sécrétion hépatique serait colorée seulement chez les Vertébrés dont le sang est lui-même coloré par hémoglobine; il est riche en fer; son spectre d'absorption est continu; il paraît formé surtout d'une sorte de protéosate de fer.

» La seule exception est présentée par les Gastéropodes pulmonés (escargots) qui, au lieu et place de la ferrine, possèdent l'hémochromogène, plus riche en fer que la ferrine et offrant un spectre à deux bandes. Il faut noter que l'hémochromogène constitue le noyau fondamental de l'hémoglobine, laquelle d'ailleurs fait défaut chez ces animaux.

» b_1. Le second pigment universel est le *choléchrome*. Il est soluble dans l'alcool; son vrai dissolvant est le chloroforme. Il s'obtient en traitant par ces liquides le tissu sec. Il n'existe pas dans la sécrétion. Il ne contient pas de fer. Son spectre est continu. Il est intermédiaire aux lipochromes et aux pigments biliaires, bilirubine et dérivés. Il est abondant chez certains animaux, en particulier chez ceux dont le foie est riche en graisse, ce qui peut tenir, soit à l'espèce (Homard), soit aux conditions physiologiques (alimentation riche, etc.). Il est rare chez les animaux à foie maigre, inanitiés.

» C'est ici que se présente la seconde exception, apparente cette fois. Le choléchrome, en effet, est masqué dans la plupart des cas et relégué au second plan par un pigment qui s'y surajoute, à caractères tranchés, et qui n'est autre chose qu'une chlorophylle ou xanthophylle. Ce pigment chlorophyllien présente le spectre caractéristique à quatre bandes, dont la première, dans le rouge, raie de Brewster, presque au contact de B, est tout à fait distinctive. Nous ne l'avons pas rencontré chez les Crustacés dont le foie est gras et contient le choléchrome en assez forte proportion : mais on le trouve chez la plupart des Mollusques, Céphalopodes, Lamellibranches, Gastéropodes. Il y a donc chez ces animaux une chlorophylle hépatique, *hépatoxanthophylle*.

» Nous nous proposons de revenir ultérieurement sur l'origine de ce pigment surajouté, qui soulève le problème général de la chlorophylle animale.

» Nous indiquerons, en terminant, une curieuse relation que nos recherches ont contribué à mettre en lumière, entre le foie et les téguments, ou,

plus exactement, chez l'Helix entre le foie et la coquille. La coquille est colorée par les mêmes pigments que le foie : elle contient du fer, comme celui-ci. Inversement, au moment de l'accroissement de la coquille, les sels terreux qui sont utilisés à ce travail se trouvent abondamment dans le foie. Les choses se passent donc comme si le foie servait d'entrepôt ou d'organe de réserve pour les matières cochléaires. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ASTRONOMIE. — *Sur la prédiction des occultations d'étoiles par la Lune, et sur le calcul des longitudes terrestres au moyen des occultations.* Mémoire de M. G. **Bigourdan**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Lœwy, Callandreau, Guyou.)

« Le problème de la prédiction des occultations intéresse à la fois l'astronome, le navigateur et le voyageur. A l'astronome, qui observe en un lieu de position géographique bien connue, les occultations d'étoiles par la Lune offrent un excellent procédé pour déterminer le lieu et le diamètre de la Lune; et au voyageur, les occultations fournissent un moyen à la fois pratique et précis pour déterminer sa longitude.

» Cette méthode ne peut donner tous ses avantages, pour les besoins astronomiques ou géographiques, qu'autant que l'on calcule à l'avance l'heure approchée des immersions, et surtout celle des émersions.

» Le calcul de prédiction est bien facilité par les données que fournissent les éphémérides astronomiques. Mais, néanmoins, ce calcul exige un temps et une attention qui paraissent généralement incompatibles avec les occupations, les fatigues et les installations sommaires des voyageurs, car la plupart de ceux-ci ne rapportent pas même la centième partie des observations d'occultations qu'ils auraient pu recueillir.

» Je me suis proposé de simplifier assez cette prédiction pour que, en voyage, le chef de mission puisse s'en décharger sur un de ses auxiliaires, celui-ci fût-il peu familier avec les calculs.

» Pour cela, je donne des Tables de parallaxe qui, au moyen des positions géocentriques de la Lune fournies par les éphémérides, font connaître les positions *apparentes* correspondantes, pour un point quelconque de la surface de la Terre. On portera sur une même Carte à la fois ces positions apparentes de la Lune et les positions des étoiles environnantes : on con-

naîtra ainsi à l'avance la position de la Lune, telle qu'on la verra parmi les étoiles à tout instant donné; par suite, on pourra savoir immédiatement à quelle heure telle étoile se trouvera exactement sur le bord de la Lune et en quel point de ce bord.

» Pour réduire en Tables la parallaxe en ascension droite $d\alpha$, et la parallaxe en déclinaison $d\delta$, on a développé ces quantités $d\alpha$, $d\delta$ en série, ce qui se fait aisément pour $d\alpha$, un peu moins facilement pour $d\delta$, à cause de l'angle auxiliaire ordinaire, que l'on se proposait d'éliminer. Enfin, on a calculé aussi le diamètre apparent L' de la Lune, connaissant le diamètre L donné par les éphémérides pour le centre de la Terre.

» On s'est assuré que les termes du troisième ordre n'atteignent pas $0^s,03$ pour $d\alpha$, $0'',4$ pour $d\delta$, de sorte qu'on peut les négliger; et c'est ce qu'on a fait.

» En distinguant par l'indice 1 les valeurs de $d\alpha$, $d\delta$, L' dans lesquelles on tient compte seulement des termes du premier ordre; par l'indice 1, 2 les valeurs des mêmes quantités quand on tient compte des termes du premier et du second ordre, on a obtenu finalement :

$$d\alpha_1 = Aa, \qquad d\alpha_{1,2} = Aa + Bb,$$
$$d\delta_1 = Cc + Dd, \qquad d\delta_{1,2} = (C_1 c + Dd)(1 + C_1 f + Ec),$$
$$L'_1 = (L - 1'',3)(1 + G + H), \qquad L'_{1,2} = (L - 1'',3)(1 + C_1 f + Ec),$$

où les quantités A, B, C, ..., a, b, c, ... dépendent de la latitude de l'observateur et de la position de la Lune (angle horaire, déclinaison, parallaxe); mais chacune d'elles dépend de deux arguments au plus. Ces quantités A, B, C, ..., a, b, c, ... ont été réduites en Tables, données dans le Mémoire; quoique ces Tables s'étendent à toute la Terre, elles n'occupent que 11 pages in-4°; cependant on a eu soin de faire croître les arguments assez lentement pour que les interpolations soient toujours faciles.

» Dans l'emploi de ces Tables, il y a lieu de distinguer deux cas : celui où il s'agit d'une prédiction et celui où l'on veut calculer une longitude.

» 1° *Prédiction d'une occultation.* — Il suffit alors de tenir compte des termes du premier ordre, c'est-à-dire de calculer $d\alpha_1$, $d\delta_1$, L'_1 dont les valeurs sont données ci-dessus; on voit que le calcul se réduit alors, pour chaque lieu apparent, à deux additions et quatre multiplications, portant toutes sur de petits nombres. En outre, je montre comment on peut toujours s'arranger de manière que l'argument $\mathcal{H}$, angle horaire de la Lune, soit

toujours une heure ronde : l'interpolation se trouve ainsi bien simplifiée, et les Tables pourraient alors être réduites à n'occuper que 3 pages.

» 2° *Calcul d'une longitude approchée au moyen d'une observation d'occultation.* — Le voyageur, qui, depuis quelque temps, n'a pas rencontré de point dont la position géographique soit connue, peut avoir besoin de connaître immédiatement, sur place, sa longitude approchée ([1]). Nos Tables lui permettront de calculer facilement cette longitude; mais, dans ce cas, il faudra tenir compte des termes du deuxième ordre, c'est-à-dire calculer $d\alpha_{1,2}$, $d\delta_{1,2}$, $L'_{1,2}$.

» Comme exemple, on a choisi l'occultation des Pléiades du 3 janvier 1898 à Paris : les résultats obtenus sont donnés dans le Tableau suivant et comparés d'une part à l'observation (voir *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 196), de l'autre au calcul fait au moyen des éléments de la *Connaissance des Temps*.

			Heures calculées			Observation. — Calcul		
Étoiles.	Phase.	Heures observées.	*Conn. des Temps.*	Par nos Tables (1er et 2e ordre).	Prédiction graphique (1er ordre).	*Conn. des Temps.*	Par nos Tables (1er et 2e ordre).	Prédiction graphique (1er ordre).
		h m s	m s	m s	m s	m s	m s	m s
17 Taureau...	Disp.	7.19.33,4	19.38	19.52	20.48	—0. 5	—0.19	—1.15
» ...	Réapp.	8.41.16,1	41.33	41.33	41.22	—0.17	—0.17	—0. 6
16 Taureau...	Disp.	7.52.44,9	52.59	53. 6	52.30	—0.14	—0.21	+0.15
» ...	Réapp.	8.19. 5,7	19.17	19. 9	20.17	—0.11	—0. 3	—1.11
23 Taureau...	Disp.	8.18.30,3	18.49	18.43	18. 2	—0.19	—0.13	+0.28
» ...	Réapp.	9.16.58,2	17.15	17.19	16.42	—0.17	—0.21	+0.16
η Taureau...	Disp.	8.59.26,2	59.38	59.33	60.26	—0.12	—0. 7	—1. 0
» ...	Réapp.	10.19.52,7	20. 6	20. 4	19.22	—0.13	—0.11	+0.31
28 Taureau...	Disp.	10.11. 8,6	11.30	11.24	11.16	—0.21	—0.15	—0. 7
» ...	Réapp.	11.22.28,3	22.40	22.39	21.49	—0.12	—0.11	+0.39
27 Taureau...	Disp.	10.22.14,3	22.36	22.21	23.42	—0.22	—0. 7	—1.28
» ...	Réapp.	11. 5.44,7	5.58	6.10	3.50	—0.13	—0.25	+1.55

» On voit, par ce Tableau, que la prédiction graphique donne généralement les heures des occultations à une minute près, ce qui est bien suffisant; et que le calcul fait avec la précision que comportent nos Tables

([1]) Au moyen de la Lune, il ne peut d'ailleurs obtenir sur place qu'une longitude approchée, puisque le calcul définitif exige la connaissance des corrections des Tables lunaires, corrections déduites des travaux des observatoires.

donne la longitude à peu près avec la même exactitude que le calcul fait avec les éléments fournis par les éphémérides astronomiques.

» Il reste donc, en faveur de l'emploi de ces Tables, l'avantage d'une prédiction très simple, à la portée de tous les voyageurs, et dans laquelle les erreurs de calcul sont immédiatement révélées sur la construction graphique; en outre, on a la possibilité d'utiliser un nombre d'étoiles bien plus grand que celui qu'indiquent les éphémérides. »

MM. **J. Carvallo** et **G. Weiss** adressent, par l'entremise de M. Marey, une Note intitulée : « Du choix d'une méthode dans l'évaluation de la section transversale des muscles ».

(Commissaires : MM. Marey, Bouchard, d'Arsonval.)

M. **Fr. Hesselgren** adresse une « Étude sur la gamme musicale et ses intervalles harmoniques ».

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart, Violle.)

M. **F. Larroque** adresse une Note relative à des phénomènes radioscopiques, observés pendant une tempête.

(Renvoi à la Section de Physique.)

M. **C. Tollet** adresse divers documents établissant les résultats des améliorations qu'il a apportées dans la construction des hôpitaux.

(Renvoi aux concours Montyon.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, deux Brochures de M. le commandant *V. Legros*, intitulées : l'une « L'armement et la technique des feux des infanteries modernes »; l'autre « Des effets de la mousqueterie selon le terrain et les formations ». (Présentées par M. J. Boussinesq.)

La **Société royale de médecine publique de Belgique** adresse à l'Académie deux Volumes intitulés : « Congrès national d'Hygiène et de Climatologie médicales de la Belgique et du Congo ».

ASTRONOMIE. — *Résultats numériques obtenus pour la latitude de l'Observatoire, par les observations faites au cercle méridien du jardin.* Note de MM. **H. Renan**, **J. Perchot** et **W. Ebert**, présentée par M. Lœwy.

« La discussion de la formule trouvée nous a conduits à procéder de la manière suivante : en choisissant des étoiles dont la distance au pôle nord ne dépasse pas 1°, et qui, par suite, restent dans le champ de la lunette pendant huit heures consécutives, nous avons pu les observer à quatre heures du méridien. La première détermination a été faite deux heures avant le cercle horaire de six heures ou de dix-huit heures et la deuxième quatre heures plus tard, dans le courant de la même nuit, c'est-à-dire deux heures après le passage de l'étoile au même cercle. Dans chacune de ces deux opérations, les quantités Δ' et Δ'' étaient mesurées directement par les pointés du fil en ascension droite sur l'étoile, et les quantités P' et P'' par les pointés du fil en déclinaison combinés avec les lectures correspondantes du cercle divisé.

» En se reportant à la valeur de λ, on voit qu'une erreur accidentelle sur Δ' et Δ'' entre avec un facteur à peu près double de celui qui multiplie une erreur du même ordre sur P' et P'' ; nous avons donc associé à chaque pointé en déclinaison la moyenne de deux pointés en ascension droite, faits à des intervalles de temps égaux, l'un avant et l'autre après. Nous avons formé dix groupes de ce genre pour chaque observation, c'est-à-dire vingt pointés en ascension droite, et dix en déclinaison. La moyenne des temps des premiers étant sensiblement la même que celle des seconds, nous avons déterminé chaque position de l'étoile par la moyenne de ces pointés. En réalité, à cause de la courbure du petit cercle décrit par l'étoile sur la sphère, le point correspondant se trouve à l'intérieur de ce petit cercle; comme dans l'observation symétrique tout se passe de la même manière, cela revient à remplacer l'étoile réelle par une autre, dont la distance polaire serait moindre. Mais la valeur de λ a été trouvée en éliminant la distance de l'étoile observée au pôle; nous n'avons donc, en opérant ainsi, introduit aucune erreur de calcul.

» L'inclinaison I du fil micrométrique en déclinaison entre avec un facteur important dans l'expression de λ fournie par chaque circompolaire ; mais, si l'on a le soin d'en prendre plusieurs dans chaque série, le terme en $\sin I$, dans la valeur moyenne de λ, aura pour coefficient $\sum \frac{\Delta'' + \Delta'}{2}$. Or, ces quantités Δ devant être regardées comme positives à l'ouest et négatives à l'est, nous avons dans chaque soirée groupé les étoiles observées de façon qu'elles fussent à peu près symétriques par rapport au méridien, si bien que les différents termes de cette somme se détruisaient sensiblement deux à deux, et qu'une erreur même grossière, et qu'on ne saurait admettre, sur la valeur de I ne pourrait pas modifier le résultat d'une série.

» Enfin le dernier terme de la formule nous a paru devoir être calculé avec la plus grande précision : d'abord, d'après notre manière de procéder, le facteur qui multiplie dn est sensiblement égal à $\frac{\sqrt{3}}{2}$, et, de plus, ce terme a constamment le même signe, que l'étoile soit observée à l'est ou à l'ouest. Or la variation de n dépend de la variation de l'inclinaison de l'axe de rotation, et de celle de l'azimut de la lunette. Pour mesurer la première, nous avons eu recours à des pointés du fil d'ascension droite sur son image dans le bain de mercure nadiral; pour la seconde, nous avons employé les pointés de ce même fil sur nos deux mires, et nous avons répété ces mesures quatre fois par soirée, au commencement et à la fin de chacune des deux parties de la série.

» Nous avons poursuivi ces études pendant quinze mois, en 1897 et 1898 : afin de diminuer autant que possible l'influence des erreurs personnelles, chacun de nous a concouru aux observations dans des proportions à peu près égales, et nous sommes parvenus à réunir ainsi cinquante-sept séries complètes, dont vingt-six dans la position directe et trente et une dans la position inverse de la lunette.

» Autant que possible, dans chacune de ces séries, nous avons pris deux circompolaires à l'est et deux à l'ouest, nous mesurions la position de chacune d'elles deux fois avant le passage au cercle horaire de 6^h ou 18^h, et deux fois après ce passage, ce qui nous donnait huit déterminations de la latitude, absolument indépendantes les unes des autres.

» On remarquera, par le Tableau ci-après, que, dans les premiers mois, l'accord entre les résultats est moins satisfaisant qu'à la fin : cela vient de ce que, dans toute recherche de ce genre, un certain apprentissage est

nécessaire, et que, pour deux d'entre nous, c'était un travail absolument nouveau. De plus, dans le courant de notre étude, nous avons constamment perfectionné l'installation de notre instrument, au point de vue de la mise au foyer, du prisme nadiral et de l'éclairage des fils pour la détermination du nadir. Nous n'avons cependant supprimé aucune de nos séries complètes, pensant qu'il vaut mieux laisser une erreur moyenne plus forte que de risquer, en supprimant de parti pris quelques nombres, de fausser le résultat définitif. Nous avons obtenu ainsi :

En position directe .... $\varphi = 48°50'10'',40$
En position inverse .... $\varphi = 48°50'10'',15$

» L'erreur moyenne d'une détermination isolée est de $\pm$ 0'',58 dans la position directe, et de $\pm$ 0'',50 dans la position inverse, ce qui donne une erreur probable de $\pm$ 0'',10 pour la moyenne.

» Pour en conclure une latitude du centre de notre cercle, il faut à ces résultats apporter encore une correction provenant d'un ensemble de causes physiques qu'on désigne sous le nom de *flexion*. Dans une Note publiée dans les *Comptes rendus* du 3 janvier 1898, MM. Ebert et Perchot ont exposé les procédés qui leur ont servi à effectuer ces mesures si délicates et si importantes; et si l'on applique cette correction, telle qu'ils l'ont déterminée, on trouve :

En position directe .... $\varphi = 48°50'10'',71$
En position inverse .... $\varphi = 48°50'10'',62$

» On remarquera l'accord entre ces deux résultats, et nous insistons sur ce fait que les déterminations de la flexion ont été faites par des procédés physiques absolument indépendants de toute observation stellaire, et publiées bien antérieurement à tout calcul de nos séries.

» En résumé, nous adoptons donc pour la latitude du centre du cercle méridien du jardin 48°50'10'',65, ce qui donnerait une valeur de

$$48°50'12'',35$$

pour la latitude du centre du grand cercle méridien de l'Observatoire :

Tableau des résultats de chaque soirée d'observation.

Position directe.						Position inverse.					
1897.	″	1897.	″	1897.	″	1897.	″	1897.	″	1898.	″
Avril 15 (1)..	9,43	Juin 10.....	10,47	Nov. 11.....	11,00	Oct. 5.....	9,51	Nov. 3.....	10,07	Juin 17.....	10,64
» 24.....	10,26	» 11.....	11,22	Déc. 20.....	11,70	» 6.....	9,44	1898.		» 21.....	10,00
Mai 1.....	10,51	Juill. 23....	8,86	» 21.....	11,14	» 7.....	10,89			» 23.....	10,45
» 4.....	10,73	Août 4.. ..	10,03	» 24.....	10,27	» 16.....	10,04	Mars 21.....	9,48	Juill. 4.....	11,00
» 6.....	10,59	» 9 (1)..	8,87	» 27.....	10,95	» 21.....	9,85	» 22.....	9,45	» 7.....	11,80
» 14.....	10,43	Sept. 2.....	10,34	1898.		» 23.....	10,76	Avril 1.....	9,42	» 15.....	10,57
» 15.....	9,42	» 4.....	10,12			» 24.....	9,79	» 6.....	10,47	» 16.....	9,45
» 19 (1)..	9,08	» 10.....	12,02	Juill. 31.....	10,77	» 25.....	10,40	» 7.....	9,46	» 17.....	10,18
» 21.....	10,30	» 13.....	10,40	Août 2.....	10,96	» 26.....	9,59	» 8.....	10,89	» 18.....	10,10
				» 5.....	10,74	» 27.....	9,66	» 12 (1)..	11,35		
						Nov. 2.....	9,71	» 13.....	9,86		
								» 23.....	10,26		
								Juin 14.....	10,20		

(1) Série incomplète.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la détermination de la pesanteur au sommet du mont Blanc, à Chamonix et à Meudon.* Note de M. **Hansky**, présentée par M. Janssen.

« Suivant la proposition et avec l'assistance de M. Janssen, je me suis occupé cette année de la détermination de la pesanteur à Chamonix, au Brévent, aux Grands-Mulets et au sommet du mont Blanc.

» Pour ces observations, nous avons employé l'appareil de Sterneck, appareil très transportable, qui est adopté depuis quelques années en Autriche, en Amérique et en Russie. Cet instrument, qui n'a pas la prétention d'atteindre à une haute précision, est néanmoins précieux pour obtenir des déterminations relatives. Il a été employé avec succès par M. Sterneck pour des déterminations de la pesanteur relative en Autriche et en Italie.

» D'après les constantes données par Sterneck pour ces pendules, j'ai fait, à l'observatoire de Meudon, l'hiver et le printemps derniers, plusieurs déterminations de la pesanteur relative. La valeur de la pesanteur à Vienne est donnée : $g = 9,80876$ et les durées d'oscillation de trois pendules de notre appareil :

N° 92.............................. $S = 0^s,5075883$
N° 93.............................. $S = 0^s,5075550$
N° 94.............................. $S = 0^s,5081967$

» Cinq séries de déterminations faites à Meudon m'ont donné les résultats suivants :

Pendule n° 92	$g = 9^{\text{m}},80988$	et	$S = 0^{\text{s}},5075600$
» n° 93	$g = 9,80966$	et	$S = 0,5075310$
» n° 94	$g = 9,80992$	et	$S = 0,5081670$

» Il est évident que le pendule n° 93 a changé un peu sa forme. Pour que ses déterminations fussent comparables aux deux autres, j'ai adopté pour Meudon la valeur de $g = 9,80990$ (moyenne de deux autres) en laissant pour tous les pendules les durées d'oscillations observées. Maintenant, les valeurs de la pesanteur, déterminées dans les endroits indiqués plus haut, sont relatives à celle de Meudon. On les calcule à l'aide de la formule

$$g_x = g_0 \frac{S_0^2}{S_x^2},$$

où S_0 est la durée d'une oscillation à Meudon et S_x celle du même pendule observée dans l'endroit x. Ces durées d'oscillations sont corrigées de la pression barométrique, de la température, de l'amplitude et de la marche du chronomètre.

» *Chamonix*. — Les observations faites le 13 août m'ont donné les valeurs suivantes :

Pendule n° 92	$g = 9^{\text{m}},80412$	$S = 0^{\text{s}},5078193$
» n° 93	$g = 9,80407$	$S = 0,5077897$
» n° 94	$g = 9,80402$	$S = 0,5084290$

Moyenne : $g = 9^{\text{m}},80407$.

» La marche du chronomètre fut déterminée par les observations avec la méridienne de Brunner empruntée à l'observatoire de Meudon.

» Pour avoir l'heure au sommet du mont Blanc, nous avons adopté l'appareil de signaux solaires du Service géographique de l'Armée, et nous avons appliqué un obturateur à la planche qui sert à diriger le faisceau lumineux. Nous avons fait des expériences avec cet appareil en comparant deux chronomètres à la distance de 7^{km} (au sommet de la tour Eiffel et à l'observatoire de Meudon) et ensuite en les comparant directement. Ces observations nous ont donné, pour la précision d'une comparaison, la valeur de $0^{\text{s}},2$, précision qui atteint $0^{\text{s}},1$ pour la marche, si l'on fait chaque fois plusieurs comparaisons (de 10 à 15). Dans toutes les observations à Meudon et à Chamonix, j'étais assisté par M. Tikhoff, astronome russe qui s'était chargé de faire des observations avec la méridienne et de m'envoyer les signaux optiques.

» Pour avoir une marche régulière du chronomètre au sommet du mont Blanc, M. Janssen a fait placer le chronomètre sur un réservoir à eau tiède, le tout étant placé dans une boîte garnie de coussins d'édredon qui le protégeaient très efficacement

contre le refroidissement. Le résultat fut que la température de l'intérieur de la boîte se tint toujours au-dessus de zéro, ne variant qu'entre + 5° et + 15°. Dans ces conditions on pouvait admettre que la marche restait uniforme puisque les chronomètres sont toujours compensés pour les températures au-dessus de zéro.

» *Sommet.* — J'ai fait cinq séries de déterminations de la pesanteur au sommet du mont Blanc, les 29, 30 et 31 août. Celle du 30 n'a pas pu être calculée, parce qu'une tourmente de neige ne permit pas d'avoir les signaux de Chamonix. Les observations du 29 m'ont donné (moyennes de deux séries) :

Pendule n° 92.........	$g = 9^{m},79472$	$S = 0^{s},5079549$
» n° 93.........	$g = 9,79470$	$S = 0,5079248$
» n° 94.........	$g = 9,79478$	$S = 0,5085592$

» Et pour le 31 août :

Pendule n° 92.........	$g = 9^{m},79466$	$S = 0^{s},5079508$
» n° 93.........	$g = 9,79471$	$S = 0,5079243$
» n° 94.........	$g = 9,79477$	$S = 0,5085593$

» La moyenne générale pour le sommet est

$$g = 9^{m},79472.$$

» *Les Grands-Mulets.* — Le 2 septembre j'ai fait les déterminations aux Grands-Mulets (deux séries) et j'ai obtenu les valeurs suivantes :

Pendule n° 92.........	$g = 9^{m},79995$	$S = 0^{s},5078179$
» n° 93.........	$g = 9,80005$	$S = 0,5077862$
» n° 94.........	$g = 9,79997$	$S = 0,5084252$

Moyenne : $g = 9^{m},79999$.

» *Brévent.* — Deux séries d'observations faites le 7 septembre au Brévent ont donné les résultats suivants :

Pendule n° 92.........	$g = 9^{m},80051$	$S = 0^{s},5078032$
» n° 93.........	$g = 9,80048$	$S = 0,5077749$
» n° 94.........	$g = 9,80069$	$S = 0,5084058$

Moyenne : $g = 9^{m},80056$.

» Il y a certaines réserves à faire sur l'exactitude complète de ces chiffres, les observations ayant dû être faites au dehors.

» *Chamonix.* — M. Janssen nous a chargé, avant de quitter Chamonix, d'y faire encore une nouvelle détermination. Les observations du 5 octobre m'ont donné :

Pendule n° 92.........	$g = 9^{m},80396$	$S = 0^{s},5077137$
» n° 93.........	$g = 9,80393$	$S = 0,5076855$
» n° 94.........	$g = 9,80394$	$S = 0,5083215$

Moyenne : $g = 9^{m},80394$.

» Si nous donnons le même poids à ces observations et à celles du 13 août, nous avons pour Chamonix

$$g = 9^{m},80400,$$

mais nous préférons adopter le nombre

$$g = 9^{m},80394,$$

les conditions de la dernière observation ayant été meilleures. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du second ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Appell.

« Je voudrais rassembler dans cette Note les principaux résultats que j'ai obtenus sur les équations du second ordre à points critiques fixes. La question que je traiterai est la suivante : *Parmi toutes les équations*

$$(1) \qquad y'' = \mathrm{R}(y', y, x),$$

où R *est rationnel en* y', *algébrique en* y, *analytique en* x, *déterminer explicitement celles qui ont leurs points singuliers fixes.*

» La réponse s'énonce ainsi : *Toutes les équations cherchées s'obtiennent soit en effectuant sur les équations* (A), (B) *la transformation*

$$(2) \qquad y = \rho(\mathrm{Y}, x), \qquad \mathrm{X} = \varphi(x)$$

la plus générale, ρ *étant rationnel en* Y *et analytique (ainsi que* φ*) en* x; *soit en effectuant sur les équations* (C) *la transformation*

$$(3) \qquad y = \rho(\mathrm{Y}, x)\sqrt{\mathrm{P}} + \sigma(\mathrm{Y}, x), \qquad \mathrm{X} = \varphi(x)$$

la plus générale, ρ *et* σ *étant rationnels en* Y, *et analytiques (ainsi que* φ*) en* x. Les équations (A), (B), (C), et l'expression P, sont données par les Tableaux suivants :

$$(\mathrm{A}) \begin{cases} (\mathrm{I}) & \mathrm{Y}''_{\mathrm{X}^2} = -3\mathrm{Y}\mathrm{Y}'_{\mathrm{X}} + \mathrm{M}(\mathrm{X})\mathrm{Y}'_{\mathrm{X}} + \mathrm{N}(\mathrm{X}), \\ (\mathrm{II}) & \mathrm{Y}''_{\mathrm{X}^2} = -2\mathrm{Y}\mathrm{Y}'_{\mathrm{X}} + \mathrm{N}(\mathrm{X}), \end{cases} \Big\} \text{ M, N fonctions arbitraires de X,}$$

$$\begin{array}{lll} (\mathrm{III}) & \mathrm{Y}''_{\mathrm{X}^2} = \alpha\mathrm{Y}^3 + \beta\mathrm{Y}^2 + \gamma\mathrm{Y} + \delta, & \alpha, \ldots, \delta, \text{ constantes numériques,} \\ (\mathrm{IV}) & \mathrm{Y}''_{\mathrm{X}^2} = \alpha\mathrm{Y}^3 + \mathrm{Y}^2 + 3\alpha\mathrm{X}\mathrm{Y} + \mathrm{X}, & \alpha \text{ constante numérique,} \\ (\mathrm{V}) & \mathrm{Y}''_{\mathrm{X}^2} = -\mathrm{Y}\mathrm{Y}'_{\mathrm{X}} + \mathrm{Y}^3 + 2\mathrm{M}(\mathrm{X})\mathrm{Y} - 2\mathrm{M}'(\mathrm{X}), & \text{avec } \mathrm{M}'' + \frac{\mathrm{M}^2}{2} + \alpha\mathrm{X} + \beta = 0. \end{array}$$

(B)

$$\text{(I)} \quad YY''_{X^2} = (Y'_X)^2 + \alpha Y^4 + \beta Y^3 + \gamma Y + \delta,$$

$$\text{(II)} \quad YY''_{X^2} = (Y'_X)^2 + M'(X)Y'_X + Y^4 + M(X)Y^3 - M''(X)Y,$$

$$\text{(III)} \quad YY''_{X^2} = (Y'_X)^2 + [M(X)Y^2 + N(X)]\,Y'_X + M'(X)Y^3 + L(X)Y^2 - N'(X)Y,$$

$$\text{(IV)} \quad YY''_{X^2} = (Y'_X)^2 + M(X)Y^2 Y'_X + 1 + M'(X)Y^2,$$

$$\text{(V)} \quad YY''_{X^2} = (Y'_X)^2 + e^X Y^3,$$

$$\text{(VI)} \quad YY''_{X^2} = Y'^2_X - \frac{YY'_X}{X} + \alpha\frac{Y^4}{X^2} + \beta\frac{Y^3}{X^2} + \gamma\frac{Y}{X} + \delta \qquad (\gamma \text{ ou } \delta \neq 0)$$

(L, M, N fonctions arbitraires de X; α, β, γ, δ constantes numériques).

(C)

$$\text{(I)} \quad Y''_{X^2} = (Y'_X)^2\left(\frac{\frac{\partial P}{\partial Y}}{2P} + \frac{\lambda}{\sqrt{P}}\right) + M(X)\frac{dY}{dX} + N(X)\sqrt{P},$$

$$\text{avec } P \equiv 4Y^3 - g_2 Y - g_3$$

[g_2, g_3 constantes numériques; $\lambda = 0$ ou $\frac{i\pi}{\omega}$, 2ω désignant une période quelconque $(2m_1\omega_1 + 2m_2\omega_2)$ de la fonction $p(u, g_2, g_3)$].

$$\text{(II)} \quad Y''_{X^2} = (Y'_X)^2\frac{\frac{\partial P}{\partial Y}}{2P} + Y'_X\left(\frac{1}{X-Y} + \frac{1}{1-X} - \frac{1}{X}\right) + \frac{Y(Y-1)}{2X(X-1)(Y-X)} + M(X)\sqrt{P},$$

$$\text{avec } P \equiv Y(Y-1)(Y-X).$$

» L'équation (I) de (A) se ramène à une équation linéaire du troisième ordre; les équations (II), (III) de (A); (I), ..., (V) de (B); (I) de (C) se ramènent au premier ordre algébriquement ou par une quadrature. *Les seules équations dont l'intégrale renferme les deux constantes d'une façon transcendante (de quelque façon qu'on les choisisse)* et qui, par suite, puissent conduire à des transcendantes vraiment nouvelles, *sont les équations* (IV), (V) *de* (A), (VI) *de* (B), (II) *de* (C). L'équation (V) de (A) se ramène à une équation (IV), à savoir l'équation

$$z''_{X^2} = z^2 + \alpha x + \beta,$$

si l'on pose : $z = Y'_X + Y^3 - \frac{N}{2}$, $Y = \frac{z'_X + M'_X}{z + M}$. Il suffit donc de considérer *les trois types* (IV) *de* (A), (VI) *de* (B), (II) *de* (C).

» Étudions chacun de ces trois types. *Le type* (IV) *de* (A) a son intégrale *méromorphe* dans tout le plan. Ce type peut se ramener à un des deux types plus simples

$$(\text{E}_1) \qquad y'' = 6y^2 + x,$$

$$(\text{E}_2) \qquad y'' = 2y^3 + xy + \alpha \qquad (\alpha \text{ constante numérique}).$$

Si l'on pose, pour (E_1),

$$z = \frac{y'^2}{2} - 2y^3 - xy = \frac{u'}{u},$$

et pour (E_2)

$$z = y'^2 - y^4 - xy^2 + 2\alpha y = \frac{u'}{u},$$

la fonction $u(x)$ *est une fonction* ENTIÈRE *qui vérifie une équation très simple du troisième ordre, et* y *s'exprime algébriquement en fonction de* $\frac{uu'' - u'^2}{u^2}$.

» *Quant au type* (VI) *de* (B), son intégrale n'est pas méromorphe, car $X = 0$ et $X = \infty$ sont des points critiques transcendants de $Y(X)$. Mais si l'on pose $X = e^x$, $Y(x)$ est *méromorphe*. Le type unique ainsi obtenu se laisse ramener à un des trois types plus simples :

(E_3) $\qquad yy'' = y'^2 + (y^4 - 1)e^{2x} + (\alpha y^3 + \beta y)e^x,$

(E_4) $\qquad yy'' = y'^2 + y^4 + \alpha y^3 + ye^x,$

(E_5) $\qquad yy'' = y'^2 + y^3 + e^x y.$

» Si l'on pose

pour (E_3) $\quad z = \frac{y'^2}{y} - e^{2x}\left(y^2 + \frac{1}{y^2}\right) + 2e^x\left(-\alpha y + \frac{\beta}{y}\right) = \frac{u'}{u},$

pour (E_4) $\quad z = \frac{1}{4}\left(\frac{y'^2}{y^2} - y^2 - 2\alpha y + \frac{2e^x}{y}\right) = \frac{u'}{u},$

pour (E_5) $\quad z = \frac{1}{4}\left(\frac{y'^2}{y^2} - 2y + \frac{2e^x}{y}\right) = \frac{u'}{u},$

la fonction $u(x)$ *est une fonction entière qui vérifie une équation très simple du troisième ordre, et* $y(x)$ *s'exprime algébriquement en fonction de* $\left(\frac{uu'' - u'^2}{u^2}\right)$.

» Passons *au type* (II) *de* (C). Soit $y = \varpi_x(u)$ la fonction elliptique de u définie par l'égalité

$$\int_0^y \frac{dy}{\sqrt{y(y-1)(y-x)}} = u;$$

l'intégrale de (E_6) peut s'écrire $y = \varpi(u, x)$, u représentant l'intégrale de l'équation

$$u'' + \frac{u'(2x-1)}{x(x-1)} + \frac{n}{4x(x-1)} = M(x);$$

si $2\omega_1$, $2\omega_2$ sont les périodes de $\varpi_x(u)$, $u(x)$ est de la forme

$$u_1(x) + C_1\omega_1(x) + C_2\omega_2(x),$$

où C_1 et C_2 sont deux constantes arbitraires.

» *Toute équation* (1) *à points critiques fixes, dont l'intégrale est une fonction transcendante des deux constantes* (*de quelque façon qu'on les choisisse*), *se ramène* ALGÉBRIQUEMENT *à un des cinq types* (E) *ou au type* II *de* (C). Ces types *épuisent* toutes les transcendantes *irréductibles* engendrées par les équations (1) à intégrale uniforme. Les types $E_1, \ldots, E_5$ sont les premiers exemples connus d'équations différentielles dont on sache que l'intégrale est uniforme sans savoir les intégrer ni les ramener à des combinaisons de quadratures et d'équations différentielles linéaires. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les points singuliers d'une fonction définie par un développement de Taylor.* Note de M. **Le Roy**, présentée par M. Appell.

« La méthode des représentations conformes, utilisée par M. Lindelöf dans la théorie du prolongement analytique (*Comptes rendus,* 28 février 1898) pour transformer une série de Taylor en d'autres séries analogues ayant des régions de convergence variées, peut encore servir à mettre une fonction sous forme d'intégrale définie suivant les procédés que j'ai indiqués dans une Note récente (*Comptes rendus,* 31 octobre 1898).

» Considérons une série entière $f(z) = \sum_0^\infty \alpha_n z^n$ dont nous supposerons le rayon de convergence égal à l'unité. Supposons que le coefficient α_n soit une fonction analytique de n holomorphe pour toutes les valeurs de n dont la partie réelle est supérieure à $-\frac{1}{2}$. Faisons la transformation d'Euler :

$$\frac{n}{n+1} = t, \qquad n = \frac{t}{1-t}.$$

» Il vient

$$\alpha_n = \sum_0^\infty \lambda_p t^p = \sum_0^\infty \lambda_p \left(\frac{n}{n+1}\right)^p.$$

» Supposons enfin la série des coefficients λ_p absolument convergente ou, tout au moins, absolument sommable au sens de M. Borel.

» On peut alors écrire

$$f(z) = \alpha_0 + \frac{\lambda_0 z}{1-z} + \int_0^\infty e^{-x} \sum_1^\infty e^{-\frac{x}{n}} z^n \sum_0^\infty \frac{\lambda_{p+1} x^p}{p!} dx.$$

» Mais on a

$$\sum_{1}^{\infty} e^{-\frac{x}{n}} z^n = z \int_0^1 \mathrm{J}_0\left(2\sqrt{x \mathrm{L}\frac{1}{y}}\right) \frac{dy}{(1-zy)^2},$$

J_0 désignant la fonction de Bessel. D'où

$$f(z) = \alpha_0 + \frac{\lambda_0 z}{1-z} + z \int_0^1 \varphi(y) \frac{dy}{(1-zy)^2},$$

avec

$$\varphi(y) = \int_0^{\infty} e^{-x} \mathrm{J}_0\left(2\sqrt{x \mathrm{L}\frac{1}{y}}\right) \sum_{0}^{\infty} \frac{\lambda_{p+1} x^p}{p!} dx.$$

On voit ainsi que $f(z)$ est holomorphe en tout point du plan, sauf pour les valeurs réelles de z supérieures à 1. *La droite* $(+1, +\infty)$ *est une coupure qui peut être effective.*

» On obtient des résultats analogues en faisant certaines transformations autres que la transformation d'Euler : seulement la région où α_n doit être holomorphe est alors modifiée.

» En suivant cette voie, j'arrive, après quelques discussions fort simples, au théorème suivant : *Si α_n est holomorphe dans un angle (si petit qu'il soit) contenant à son intérieur la partie positive de l'axe* OX *et si la série* $\sum_{0}^{\infty} \alpha_n z^n$ *conserve le même cercle de convergence (de rayon* 1) *quand on remplace n par l'affixe d'un point situé dans l'angle précédent, la série en question ne peut avoir de points singuliers que sur la partie* $(+1, +\infty)$ *de* OX. Il est, en général, aisé de reconnaître si la coupure est essentielle ; dans le cas où elle ne l'est pas, on peut trouver les points singuliers qu'elle renferme et définir l'allure de la fonction en ces points.

» M. Fabry (*Journal de Mathématiques*, 1898) avait déjà établi une partie de ces résultats, mais par d'autres voies beaucoup plus compliquées. En outre, sa méthode ne donnait que les points singuliers de la fonction situés *sur le cercle de convergence*, au lieu que la méthode précédente permet d'étudier la même fonction *dans tout le plan*.

» Des procédés semblables conduisent à l'étude de certaines fonctions pour lesquelles la coupure affecte une forme quelconque : c'est un point sur lequel je reviendrai prochainement.

» Je termine en signalant le théorème suivant, très facile à démontrer : *Si α_n est une fonction périodique de n développable en série trigonométrique*

absolument convergente (par exemple : $\alpha_n = e^{\cos n}$), la série $\sum_0^\infty \alpha_n z^n$ admet effectivement son cercle de convergence comme coupure.

» Il y a deux cas d'exception. Si α_n s'exprime par une suite de Fourier limitée, la série n'a qu'un nombre fini de pôles simples, tous situés sur le cercle de convergence. Si α_n est une fonction de n possédant une période commensurable, la série n'a encore qu'un nombre fini de pôles simples distribués sur le cercle de convergence aux sommets d'un polygone régulier inscrit. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la réduction des intégrales multiples.* Note de M. **Ch.-J. de la Vallée Poussin**, présentée par M. Jordan.

« Le problème de la réduction des intégrales généralisées multiples peut être résolu de la manière suivante :

» Considérons d'abord le cas d'une intégrale double

$$(1) \qquad S_T f(x, y)\, dT,$$

étendue à une aire T, limitée par les valeurs a et b de x, c et d de y et supposons que la fonction $f(x, y)$ ne soit jamais négative dans cette aire, mais puisse croître indéfiniment d'une manière quelconque en certains points formant un ensemble discret.

» Soit ensuite $mf(x, y)$ la limite inférieure de la fonction f dans une aire infiniment petite autour du point (x, y); je dis que l'expression

$$(2) \qquad \int_c^d dy \int_a^b mf(x, y)\, dx,$$

dans laquelle chaque intégrale est calculée par défaut (c'est-à-dire en lui attribuant sa limite inférieure d'indétermination), est comprise entre les limites d'indétermination de l'expression (1).

» En particulier, si l'expression (1) est déterminée, l'expression (2) lui sera égale.

» Ce théorème donne la solution générale du problème de la réduction des intégrales doubles dans une aire limitée T. En effet, une fonction quelconque peut être considérée comme la différence de deux fonctions positives; d'autre part, si T n'est pas rectangulaire, T est intérieure à un rec-

tangle T′ qu'on peut prendre comme domaine d'intégration, à condition de poser $f = 0$ en dehors de T.

» Si nous passons à une intégrale multiple de l'ordre n on voit immédiatement quelle est la généralisation du théorème précédent, et cette généralisation est légitime. »

PHYSIQUE. — *Sur une nouvelle action subie par la lumière traversant certaines vapeurs métalliques dans un champ magnétique.* Note de MM. **D. Macaluso** et **M.-O. Corbino**, présentée par M. Lippmann.

« Dans une Communication présentée à l'Académie dans la séance du 17 octobre, nous disions en terminant :

» Nous nous réservons de continuer ces expériences pour en étudier les particularités et pour étendre ces résultats à d'autres corps et dans des conditions variées. Dans une publication très prochaine nous donnerons avec plus d'extension les détails des expériences exécutées jusqu'ici.

» Et de fait nous avons déjà depuis plusieurs jours communiqué les détails de ces expériences et les résultats obtenus jusqu'ici à l'Académie des *Lincei*. M. Becquerel, dans une Communication faite à l'Académie le 31 octobre, signale à nos observations certains détails du phénomène, détails qu'au contraire nous avions communiqués à la Société de Physique de Turin dans sa séance du 22 septembre et desquels nous nous occupions dans la Communication faite aux *Lincei*. Nous devons relever en outre quelques observations, contenues dans notre Communication, qui ont échappé à l'illustre physicien. A la page 649 il dit :

» Un fait important, qui ne me paraît pas avoir été signalé, est que l'écartement des bandes autour de D_1 et D_2 est notablement différent. Je cite à titre d'exemple, etc.

» Et ensuite il donne quelques mesures desquelles il résulte « qu'autour » de D_1 l'écartement des bandes est environ les trois quarts de ce qu'il est » autour de D_2 ». Eh bien, dans notre Note nous disions :

» Pour les deux D le rapport des distances auxquelles se produisent d'égales rotations est à peu près égal au rapport des largeurs des raies primitives.

» Comme on le sait, et comme il résulte des mesures mêmes de M. Becquerel et des nôtres, le rapport de D_1 à D_2 est égal à trois quarts.

» De même M. Becquerel pense qu'il nous a échappé qu'avec les nicols parallèles ou croisés la position des bandes ne change pas avec l'inversion du champ, tandis qu'elle change notablement quand les nicols sont à 45°.

» Or, ces faits furent observés par nous dès le commencement de notre travail et nous en avons implicitement fait mention dans notre BRÈVE Note, disant « que la rotation des plans de polarisation se produit dans le sens » du courant magnétisant et, par conséquent, se renverse avec l'inversion » des champs ». Plus loin, dans sa Communication, M. Becquerel affirme que les phénomènes étudiés par nous sont la conséquence de certaines idées théoriques précédemment développées par lui et conformes aux résultats des expériences de M. Cotton sur la polarisation rotatoire magnétique de certains liquides.

» Il nous semble cependant qu'on veut opérer un rapprochement trop intime entre des expériences qui peuvent bien présenter quelques analogies, mais qui offrent aussi des différences très tranchées. De plus, dans le cas du phénomène observé par nous, suivant les hypothèses de M. Becquerel, très ingénieuses, il est vrai, mais pas toujours confirmées par l'expérience, près du bord d'une raie d'absorption d'une vapeur incandescente, comme dit l'auteur, la même expression $\lambda \frac{dn}{d\lambda}$ « doit être considé- » rée comme devenant infiniment grande ». Cela correspondrait à une très grande variation de l'indice dans le voisinage de la bande. Cela ne peut se produire que de deux façons : ou la courbe qui donne les n en fonction de λ a, dans la région correspondant à la raie, un point d'inflexion, ou elle a un maximum. La première hypothèse impliquerait une diminution très rapide de n d'un côté de la raie et une augmentation très rapide aussi de l'autre côté. Cependant une diminution très grande de l'indice n dans une région quelconque est inadmissible, car cet indice, dans tout le spectre près des bandes d'absorption, est peu supérieur à l'unité, et il ne peut jamais avoir une valeur inférieure à l'unité.

» Suivant l'autre hypothèse, l'expression $\lambda \frac{dn}{d\lambda}$, même très grande, aurait des signes opposés des deux côtés de la bande d'absorption et très près des bords; par conséquent, suivant la théorie en question, on devrait observer une rotation magnétique des plans, inverse des deux côtés, ce qui est contredit par les résultats de nos expériences, confirmées par M. Becquerel lui-même, suivant lesquelles la rotation des deux côtés d'une raie marche dans le sens du courant magnétisant.

» Les expériences en question sont, par conséquent, bien loin de rentrer dans le champ des phénomènes à prévoir en s'appuyant sur les considérations théoriques susdites et elles ne présentent pas toutes les analogies que croit l'illustre physicien avec celles de M. Cotton. »

M. **Henri Becquerel**, à la suite de cette Communication, fait observer qu'il a été un des premiers à rendre hommage à la belle expérience de MM. Macaluso et Corbino; qu'il avait interprété la phrase des auteurs italiens, relative aux raies D_1 et D_2, comme exprimant ce fait que la rotation magnétique est d'autant plus grande que les raies sont plus larges, c'est-à-dire que la matière absorbante est plus abondante dans la flamme : cette phrase, en effet, ne mentionne pas expressément la différence entre les raies D_1 et D_2; enfin, il maintient l'explication qu'il a donnée pour le phénomène et renvoie au travail qu'il publie aujourd'hui même les auteurs italiens qui, d'après leur réclamation, ne paraissent pas avoir une idée exacte du phénomène de la dispersion anomale.

PHYSIQUE. — *Absorption dans un champ magnétique.* Note de M. **A. Cotton** (1), présentée par M. J. Violle.

« I. Un faisceau intense de lumière blanche, provenant par exemple d'une lampe à arc, traverse les appareils suivants : 1° un nicol dont la section principale est à 45° de l'horizontale; 2° un électro-aimant donnant un champ de quelques milliers d'unités, dont les lignes de force sont horizontales et exactement *perpendiculaires* au faisceau; 3° un second nicol mis à peu près à l'extinction avec le premier. On regarde la source au travers de ce nicol, soit directement, soit de préférence à l'aide d'un second nicol, et l'on rend l'extinction complète.

» Si l'on place alors entre les pièces polaires une flamme jaune, colorée par un sel de sodium, d'un éclat modéré, et si on lance le courant, l'extinction est détruite et une partie du faisceau primitif traverse maintenant le second nicol : on voit en effet très nettement apparaître la source (2), qui paraît colorée en jaune. Si l'on tourne le premier nicol de 45°, de façon à rendre sa section principale verticale ou horizontale, on n'observe plus le même phénomène : l'extinction une fois établie persiste lorsqu'on fait agir le champ.

» II. Cette expérience est, comme on voit, une modification de celle

(1) Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Toulouse.

(2) Plus particulièrement, la partie *gazeuse* de l'arc, qui, observée avec un spectroscope très dispersif, donne les raies D très brillantes et assez larges.

qu'a décrite M. Righi dans les *Comptes rendus* du 25 juillet ([1]). Mais M. Righi faisait son expérience dans la direction même des lignes de force, les rayons traversant l'électro-aimant suivant son axe. Il prévoyait un résultat analogue dans le cas où le faisceau serait perpendiculaire aux lignes de force, mais il croyait nécessaire d'employer un polariseur et un analyseur *circulaires,* et avait alors rencontré la difficulté d'obtenir avec ces appareils et une lumière blanche intense, et une bonne extinction. Il ne pensait pas que l'expérience pût être faite avec de simples nicols et n'avait observé effectivement, dans ces conditions, que de faibles changements produits par le magnétisme, qu'il attribuait à un défaut de réglage.

» Cela tient sans doute à ce que M. Righi prenait tout naturellement, dans ses expériences, les orientations particulières du polariseur pour lesquelles sa section principale est parallèle ou perpendiculaire aux lignes de force. Pour ces orientations on ne doit observer, et l'on n'observe en effet aucun changement notable produit par le magnétisme. Il n'en est plus de même lorsqu'on en choisit d'autres; surtout lorsque l'on incline la section principale à 45° sur la direction du champ.

» Les vibrations du faisceau de lumière blanche sont alors inclinées à 45° sur les lignes de force. Or, toutes les observations du phénomène de Zeeman montrent que la flamme émet, dans ces conditions, des raies complètement polarisées, formées par des vibrations, soit parallèles, soit perpendiculaires à ces lignes. Considérons, pour fixer les idées, une raie formée par des vibrations verticales. Pour cette raie, la flamme absorbe la composante d'une vibration incidente identique à ses vibrations propres, c'est-à-dire la composante verticale; elle laisse passer, au contraire, la composante horizontale, qui n'est plus arrêtée complètement par l'analyseur. On voit encore là une application de la règle reliant l'émission et l'absorption pour un même corps, qui rattache en réalité la nature des *vibrations* absorbées à la nature des radiations émises ([2]).

» III. Voici quel intérêt particulier présentent les observations faites perpendiculairement aux lignes de force. Lorsque le faisceau est parallèle à ces lignes : au phénomène de Zeeman, qui est une modification des raies proprement dites, s'ajoute le phénomène de Faraday, c'est-à-dire la *pola-*

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 216. *Atti della Accademia dei Lincei,* t. VII, fasc. 2; 1898.

([2]) Je renverrai, au sujet de cette relation, à un article *Sur l'aspect actuel de la loi de Kirchhoff,* qui paraîtra bientôt dans la *Revue générale des Sciences.*

risation rotatoire magnétique. Cette polarisation rotatoire est particulièrement intense *au voisinage* des raies, comme le montrent les expériences de MM. Macaluso et Corbino ([1]). Elle intervient, elle aussi, pour détruire l'extinction primitive. En faisant l'expérience, comme il a été dit, perpendiculairement au champ, on écarte ses effets et l'on observe seulement ce qui est dû à l'effet Zeeman proprement dit.

» IV. Le procédé de M. Righi lui a permis de découvrir que les raies d'absorption de l'*hypoazotide* (peroxyde d'azote) donnent lieu au phénomène de Zeeman. On pouvait se demander si le pouvoir rotatoire magnétique de cette vapeur absorbante ne suffit pas à expliquer le résulat observé. Mais j'ai refait l'expérience indiquée plus haut en remplaçant la flamme par une petite cuve remplie d'hypoazotide. Le résultat est le même, avec cette seule différence que l'on voit alors apparaître, par l'action du champ, les charbons incandescents avec la couleur verdâtre complémentaire de la couleur rutilante de l'hypoazotide. On voit donc bien que l'hypoazotide présente l'effet Zeeman, ou, d'une façon plus précise, que ses raies d'absorption, sous l'influence du magnétisme, présentent un caractère de polarisation particulier.

» Je n'ai pas observé le même phénomène avec une solution de *sulfate de didyme*. »

ÉLECTRICITÉ. — *Étude comparative du champ hertzien dans l'air et dans l'eau*. Note de M. **Albert Turpain**, présentée par M. Mascart ([2]).

« Le dispositif qui nous a servi à faire l'étude comparative du champ hertzien dans l'air et dans l'huile ([3]) a été utilisé pour une étude analogue relative à l'eau. L'intérêt de cette étude réside dans le fait que l'eau possède un pouvoir inducteur spécifique considérable; par suite, les phénomènes observés avec l'huile devaient se trouver très exagérés dans le cas de l'eau.

» Aux quatre résonateurs α, β, γ, δ, employés précédemment, nous avons joint quatre nouveaux résonateurs a et b, A et B, avec lesquels nous avons effectué deux nouvelles séries de mesures.

([1]) Macaluso et Corbino, *Comptes rendus* du 17 octobre. — H. Becquerel, *Comptes rendus* du 31 octobre.

([2]) Ces expériences ont été faites à la Station centrale d'électricité de Bordeaux-les-Chartrons, au mois de juin 1898.

([3]) *Comptes rendus*, 6 juin 1898.

» Le Tableau suivant résume les mesures :

Première série.

Résonateurs.	L.		$\frac{\lambda}{2}$ (air).	$\frac{\lambda}{2}$ (eau).
α....	0,46 m	I.	0,74 m	0,10 m
		II.	0,74	0,74
β....	0,56	I.	0,85	0,12
		II.	0,85	0,86
γ....	0,90	I.	1,43	0,17
		II.	1,43	1,42
δ....	1,20	I.	1,89	0,27
		II.	1,89	1,90

Deuxième série.

Résonateurs.	L.		$\frac{\lambda}{2}$ (air).	$\frac{\lambda}{2}$ (eau).
a....	0,45 m	I.	0,94 m	0,11
		II.	0,94	0,93
b....	0,85	I.	1,30	0,16
		II.	1,30	1,30

Troisième série.

Résonateurs.	L.		$\frac{\lambda}{2}$ (air).	$\frac{\lambda}{2}$ (eau).
A...	0,51 m	I.	0,85 m	0,10 m
		II.	0,85	0,84
B...	0,80	I.	1,15	0,14
		II.	1,15	1,16

» Les seuls résonateurs γ et δ ne suivent pas la loi (¹) de l'égalité entre les différences des longueurs et les différences des demi-longueurs d'onde.

» Pour la position II, un même résonateur est excité dans l'air et dans l'eau par un égal déplacement du pont. Au contraire, pour la position I, le même déplacement qui, *dans le cas de l'air,* fait apparaître *une seule étincelle*, produit, *dans le cas de l'eau, sept ou huit étincelles* au résonateur.

» On trouve pour les rapports les valeurs suivantes :

	α.	β.	γ.	δ.	*a*.	*b*.	A.	B.
$\frac{\lambda_{II\,(air)}}{\lambda_{II\,(eau)}}$	7,4	7,1	8,3	7,0	8,4	8,1	8,5	8,2
$\frac{\lambda_{II\,(air)}}{\lambda_{II\,(eau)}}$	1	1	1	1	1	1	1	1

	$\frac{L-L'}{\lambda_I-\lambda'_I}$,	$\frac{L-L'}{\lambda_{II}-\lambda'_{II}}$
Les rapports................................		
donnent pour les résonateurs *a* et *b*	7,4	1
donnent pour les résonateurs A et B.....	7,5	1

rapports que n'affecte plus la perturbation due au micromètre.

» MM. Cohn et Zeeman (²) indiquent, comme rapport des longueurs d'onde décelées par leur résonateur, dans l'air et dans l'eau, le nombre 8,5, voisin de ceux que nous obtenons.

(¹) *Comptes rendus,* 31 janvier 1898.

(²) E. Cohn et P. Zeeman, *Observations sur la propagation des oscillations électriques dans l'eau.* Strasbourg. — Ibid., *Berliner Berichte,* 3 décembre 1891. — *Wied. Ann.,* t. XLV, p. 370; 1892.

» Les résultats de notre étude du champ hertzien dans l'air et dans les diélectriques huile et eau confirment ceux qui ont été trouvés par M. Blondlot, d'une part; par MM. Cohn et Zeeman, d'autre part, le résonateur de M. Blondlot fonctionnant comme un résonateur de Hertz dans la position II, et le résonateur de MM. Cohn et Zeeman comme un résonateur de Hertz dans la position I.

» Nous sommes conduits, de plus, à énoncer les lois expérimentales suivantes :

» 1° *Les longueurs d'onde des oscillations électriques qui excitent un résonateur donné,* PLACÉ DANS LA POSITION II, *sont les mêmes dans l'air et dans un diélectrique.*

» 2° *Pour les oscillations qui excitent le résonateur* DANS LA POSITION I, *le rapport de la longueur d'onde dans l'air à la longueur d'onde dans un diélectrique est égal à la racine carrée du pouvoir inducteur spécifique du diélectrique.* »

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE — *L'hystérésimètre Blondel-Carpentier et son application à la mesure statique de l'hystérésis.* Note de M. A. **Blondel**, présentée par M. A. Potier. (Extrait.)

» *But de l'appareil.* — On sait quel intérêt présente aujourd'hui pour l'industrie électrique la mesure de l'hystérésis; si l'on ne veut s'exposer à de graves mécomptes, toutes les tôles destinées à la construction des machines électriques doivent être préalablement vérifiées à ce point de vue.

» L'appareil que j'ai imaginé et dont la réalisation pratique a été faite par M. Carpentier, sous une forme extrêmement heureuse, a pour but de faciliter ces mesures industrielles de l'hystérésis, tout en évitant les inconvénients des appareils déjà proposés dans le même but par d'autres auteurs.

Principe et description. — Le principe de la méthode est le suivant : supposons qu'on fasse tourner un champ magnétique dans lequel est suspendu un anneau de tôles autour de l'axe de cet anneau. Soient C le moment du couple de rotation qu'exerce le champ sur l'anneau, W la perte par hystérésis, à la vitesse considérée ; n le nombre de cycles d'aimantation décrits par seconde. On a

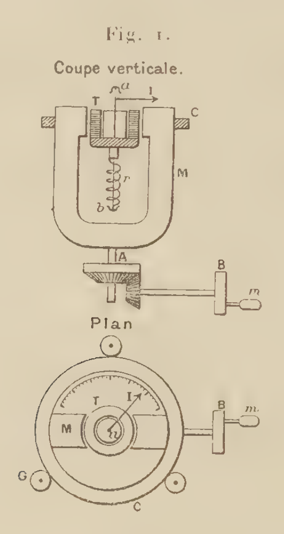
$$\frac{\mathcal{E}}{2\pi n} = C = \frac{nW}{2\pi n} = \frac{W}{2\pi}.$$

» On sait que W ne varie pas avec le nombre de cycles n quand les courants de Foucault ne masquent pas le phénomène : C restant ainsi indépendant de la vitesse, il est

inutile de donner un mouvement de rotation continu au champ magnétique et il suffit, si l'on veut, de le faire tourner doucement à la main, jusqu'à ce que la torsion d'un ressort antagoniste appliqué à l'axe de rotation de l'anneau des tôles fasse équilibre au couple; l'angle de torsion mesure alors le couple. C'est ce qu'on peut appeler la mesure *statique* de l'hystérésis tournante.

» La *fig.* 1 représente schématiquement le mode d'emploi de cette méthode : l'anneau des tôles T est enfilé sur un croisillon porté par un arbre ab vertical, terminé par des pivots sans frottements sensibles (¹), et fixé à un ressort hélicoïdal r. Cet arbre

Fig. 1.



porte un index horizontal I qui se déplace sur un large cadran gradué en degrés; un aimant M, ou un électro-aimant, maintenu à sa partie supérieure par un cercle Centre galets G et à sa partie inférieure par un bout d'arbre A commandé par une roue d'angle et un bouton mobile B à manette M. Celui-ci permet de déplacer l'aimant à volonté très doucement ou très vite suivant qu'on veut étudier la déviation maxima ou la moyenne pendant un tour.

» L'instrument n'a pas de zéro; on fait tourner l'aimant dans un sens puis dans l'autre, et c'est l'écart entre les deux positions θ et θ' de l'aiguille, mesuré en radians, qui indique l'hystérésis par la formule

$$W = 2\pi C = 2\pi\gamma(\theta - \theta'),$$

où γ est le coefficient de torsion du ressort (mesuré en ergs par radian).

» *Tarage et étalonnement.* — L'appareil permet non seulement des mesures relatives, mais des évaluations absolues de l'hystérésis, grâce au fait

(¹) On s'en assure aisément en faisant osciller le système non amorti avec une masse en cuivre remplaçant les tôles. Le décrément des oscillations est négligeable. Le pivotage est nécessaire pour empêcher les tôles d'être attirées vers les pièces polaires.

qu'on peut déterminer directement la constante γ du ressort par la méthode ordinaire des oscillations.

» γ étant évalué en unités C.G.S. et θ en radians, W se trouve exprimé en ergs. On le divise par le volume des tôles en centimètres cubes pour avoir la perte par unité de volume. Enfin, si le poids des tôles P' diffère un peu du poids normal P, on corrige le chiffre obtenu en le multipliant par $\frac{P}{P'}$.

» Pour faciliter la vérification de l'instrument, le constructeur y joint un échantillon de tôles, étudié préalablement, et qui peut servir d'étalon de comparaison; on a ainsi un moyen, dans le cas d'un appareil à aimant, d'éliminer toute influence ultérieure de la variation du champ.

» *Conditions d'évaluation de l'hystérésis.* — Le phénomène d'hystérésis étant extrêmement complexe dans ses manifestations et ses lois, le but qu'on doit se proposer le plus souvent est de la mesurer dans les conditions bien définies qui se rapprochent le plus possible des conditions de la pratique.

» 1° Généralement, l'appareil est utilisé pour l'étude d'échantillons de tôles mises sous la forme d'anneau et mesure l'espèce d'hystérésis dite *tournante;* il se prête donc tout spécialement à l'étude des tôles pour dynamos.

» L'échantillon normal est formé de rondelles découpées dans une feuille de tôle, avec un diamètre extérieur de 55^{mm} et un diamètre intérieur de 38^{mm}, et en nombre suffisant pour réaliser une hauteur totale de 4^{mm} (soit 8 tôles de $0^{mm},5$ par exemple, ou 10 de $0^{mm},4$). Il suffit donc d'un très petit poids de fer ($37^{gr},7$).

» 2° On peut également employer l'instrument pour la mesure de l'hystérésis *linéaire*, en remplaçant l'anneau par un paquet de petites tôles rectangulaires à petits côtés courbes tous décalés successivement d'une fraction de circonférence de façon à former un ensemble symétrique. Par exemple, on découpera huit bandes de tôles de $0^{mm},5$, dont le petit côté occupe un développement circonférentiel de $\left(\frac{\pi}{8}\right) \times 21^{mm},5$, et on les empilera en faisant successivement tourner de 45° les directions de leurs axes.

» 3° En ce qui concerne l'induction B à laquelle les tôles sont soumises, on peut la faire varier si l'on veut en employant pour produire le champ un électro-aimant; mais dans les limites pratiques d'utilisation des tôles on peut, sans erreur trop forte, accepter la loi de Steinmetz, $W = \eta V B^{1,6}$ (V étant le volume des tôles et η un coefficient), et se contenter par suite, pour simplifier l'emploi industriel, d'une seule mesure faite avec une induction moyenne, voisine de 10000 C.G.S. L'appareil à aimant permanent est établi dans ce but, et, comme la réluctance de la partie du circuit magnétique formée par les tôles est assez faible par rapport à celle de l'entrefer, les différences de perméabilité propres des divers échantillons ne modifient pas sensiblement B. Le Tableau I montre, par exemple, qu'avec trois tôles dont les perméabilités dans le champ varient de 1570 à 1970, B ne varie que de 9750 à 9650, différence négligeable à côté des autres causes d'erreurs des mesures d'hystérésis dont on va parler.

» Du chiffre lu, on peut donc, en supposant $B = 9700$, déduire le coefficient η de

Steinmetz; on peut l'obtenir aussi par simple comparaison de l'échantillon avec les tôles prises comme étalon et dont le η est indiqué par le constructeur.

» 4° Les études préalables de l'appareil ont mis en évidence l'existence d'un fait très important au point de vue de la construction des machines, à savoir des variations énormes de l'hystérésis dans une même tôle suivant l'orientation du champ par rapport à cette tôle, soit par suite de la structure dissymétrique donnée au métal par le laminage, soit par suite d'aimantation rémanente (cette variation n'atteint pas moins de 46 pour 100 par exemple dans les cas d'échantillon essayé).

» Lorsqu'on emploie la méthode *statique*, c'est-à-dire la déviation par déplacement lent de l'anneau, on doit donc avoir soin de mesurer les déviations obtenues en donnant à celui-ci des orientations successives divisant la circonférence en angles égaux et de prendre la moyenne; la moyenne s'obtient plus simplement par une mesure *dynamique*, c'est-à-dire en faisant tourner l'aimant assez vite pour que l'aiguille prenne une déviation permanente.

» 5° Enfin, il est capital de recuire les tôles découpées avant de les placer dans l'appareil, si l'on veut réduire leur hystérésis au minimum et éviter l'effet du travail qu'a subi le métal pendant la préparation. Le coefficient mesuré s'abaisse en général de plus de moitié par ce recuit; cela fait ressortir d'une manière saisissante l'utilité de cette opération avant la mise en place des tôles dans les dynamos.

» Les résultats d'expériences faites avec cet appareil montrent la parfaite comparabilité des chiffres obtenus avec ceux de la méthode balistique, et les différences ne dépassent pas l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience qu'on rencontre forcément dans ce genre de mesures. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le rendement de la transmission du son au moyen d'un fil conducteur de l'électricité*. Note de M. **Dussaud**.

« Je me suis proposé d'étudier les conditions du rendement maximum, dans le cas de la transmission du son par l'intermédiaire d'un fil conducteur de l'électricité. Dans ce but, je produisais un son invariable, au moyen d'un diapason actionné électriquement et vibrant devant un microphone spécial extrêmement sensible. Ce microphone transmettait le son, par l'intermédiaire d'un courant électrique, à un récepteur téléphonique de nouveau modèle, comprenant quatre pôles d'aimants actionnant chacun une membrane en fer. Des commutateurs permettaient de lancer tout le courant de la ligne de manière qu'il n'agisse que sur une seule membrane, ou de manière que son action se répartisse entre deux, trois ou quatre de ces dernières. Un système de conduits permettait de recueillir dans un petit résonateur, de la forme et de la grandeur d'une bouche humaine,

l'air ébranlé des deux côtés de chaque membrane ou d'un côté seulement. J'ai observé que le rendement est d'autant supérieur qu'on répartit davantage le courant de la ligne, et qu'il vaut mieux recueillir l'air ébranlé des deux côtés des membranes.

» En tenant compte de ces observations j'ai pu, le 16 novembre dernier, devant un certain nombre de professeurs et d'étudiants, faire entendre distinctement, dans toute la grande salle de l'Université de Genève, contenant plus d'un millier de sièges, des airs d'ocarinas joués et des paroles chantées dans le laboratoire de physique, situé à une certaine distance de cette salle.

» Une série d'expériences faites le 23 novembre dernier, en se servant du réseau téléphonique de l'État, ont permis d'obtenir entre deux abonnés, MM. C. et P. Ackermann, la même intensité; c'est-à-dire que la parole chantée était distinctement comprise dans les différentes pièces de l'appartement, même lorsque toutes les portes des pièces étaient fermées. La parole parlée s'entendait dans toute une pièce de grandeur moyenne. Dans ces expériences, comme dans celles qui avaient été faites à l'Université, je ne me servais que de deux éléments Leclanché, c'est-à-dire des courants ordinaires employés en téléphonie; un meilleur rendement dû à ce nouveau dispositif était la seule cause des résultats obtenus. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Déplacement des métaux par l'hydrogène.* Note de M. **Albert Colson**, présentée par M. H. Moissan.

« Les résultats que j'ai fait connaître touchant l'action des bases ou des acides libres sur les sels secs s'appliquent aux déplacements réciproques des métaux ([1]). Par exemple l'hydrogène, considéré comme un métal volatil, déplace l'argent et le cuivre de leurs composés secs. Cette réaction pourrait être réversible, puisque la substitution de ces métaux à l'hydrogène est endothermique; elle ne l'est pas, parce que l'absorption de l'hydrogène augmente avec la température. Voici les faits :

» *Déplacement à froid de l'argent.* — 4^{gr} de phosphate jaune tribasique d'argent PO^4Ag^3 sec ont été enfermés avec de l'hydrogène sec dans une ampoule de 150^{cc} fermée à la lampe. Après un séjour d'uue semaine dans une cave obscure, à une température moyenne de 12°, le phosphate avait pris une teinte foncée, manifestement brune au bout de trois semaines. L'ampoule, ouverte dans une éprouvette remplie d'hydrogène, absorbe alors 17^{cc} d'hydrogène. Abandonné de nouveau dans l'obscurité pendant deux mois (10 novembre au 10 janvier), le phosphate d'argent absorbe encore 12^{cc} d'hydrogène.

([1]) *Comptes rendus*, 1896 : t. CXXIII; p. 1285; t. CXXIV, p. 81; décembre 1897, mars et mai 1898.

» Au contact de l'eau, ce sel est fortement acide; traité par l'acide azotique très étendu, il laisse un résidu noir contenant un poids d'argent libre, $0^{gr},273$, en rapport atomique avec le volume d'hydrogène absorbé.

» 2° Plaçons le même sel dans la branche courbée d'un tube manométrique plein d'hydrogène sec. On constate que le mercure s'élève dans le tube manométrique d'une façon régulière et de 10^{mm} environ par journée, pendant les cinq premiers jours.

» *Influence de la température.* — La même expérience, faite à la température de 85°, marche vingt-cinq fois plus vite : le mercure s'élève de 55^{mm} en quatre heures dans la branche manométrique, l'hydrogène étant initialement à la pression atmosphérique.

» A 100°, dans les mêmes conditions, le mercure s'élève de 320^{mm} dans la branche manométrique.

» Dans ces derniers cas, l'argent déplacé est blanc.

» De même, si l'on opère sous une pression de 3 atmosphères, à la température d'ébullition de l'alcool méthylique, la masse noircit d'abord, puis blanchit tout à coup ou, du moins, rapidement. La vitesse de cette réaction sous pression est à peu près la même qu'à 85° sous la pression atmosphérique; donc *la pression accélère ces réactions.*

» *Pyrophosphate d'argent* $P^2O^7Ag^4$. — Le pyrophosphate d'argent séché à 150° n'agit pas sensiblement sur l'hydrogène pur à la température ordinaire, même au bout d'un mois. Mais, à 100°, l'absorption de l'hydrogène est nette : la matière brunit, puis noircit; en neuf jours la pression du gaz descend de 763^{mm} à 371^{mm}. L'acidité du produit correspond à $0^{gr},750$ d'argent mis en liberté; le dosage direct, après lavage à l'acide azotique à 2 pour 100, donne $0^{gr},771$ d'argent libre.

» *Sulfate d'argent.* — $8^{gr},8$ de sulfate d'argent précipité et séché ont été mis en contact avec de l'hydrogène pur du 2 août au 12 septembre 1897, à la température ambiante. Pendant ce laps de temps, la pression de l'hydrogène n'a pas varié : il n'y a donc pas eu de réaction.

» A 100°, au bout de 7 heures, il n'y a pas d'absorption sensible;
» A 125°, » de 1 heure, l'absorption est de 3^{mm} à 4^{mm};
» A 140°, » de 1 heure, » de 27^{mm};
» A 170°, » de 1 minute, » de 20^{mm}.

» Chacune de ces diminutions de pression : 3^{mm}, 27^{mm}, 20^{mm} est une moyenne correspondant à une pression initiale voisine de 760^{mm}; car, après chaque essai, on rétablissait la pression de l'hydrogène en introduisant dans le tube manométrique une nouvelle quantité de ce gaz.

» *Oxyde d'argent* AgOH. — De l'oxyde d'argent séché dans le vide est placé dans la branche courbée d'un tube manométrique, au sein d'une atmosphère d'hydrogène. Après vingt-quatre heures de contact, à la température du laboratoire, on constate une absorption manifeste de l'hydrogène : la raréfaction de ce gaz s'accentue de jour en jour. On recharge de temps à autre l'appareil en y introduisant de l'hydrogène; et, au bout d'un mois, on recueille une quantité d'argent noir dont le poids correspond atomiquement à celui de l'hydrogène absorbé.

» *Action de la lumière.* — La lumière ne paraît pas activer beaucoup ces phénomènes. Son action n'est cependant pas nulle; car une expérience, abandonnée du

5 janvier au 1er octobre dans une partie sombre du laboratoire, laissait voir de l'argent miroitant sur la face du verre tournée vers la lumière, et de l'argent noir et terne sur l'autre face et au centre de la masse.

» *Sulfate de cuivre et d'hydrogène.* — L'hydrogène sec semble sans action sur le sulfate cuivrique anhydre SO^4Cu, à la température ordinaire; mais vers 250° la décomposition se manifeste par une diminution de la pression du gaz hydrogène.

» Il reste à voir si les propriétés de l'argent noir et du cuivre ainsi formés sont identiques aux propriétés des métaux usuels. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Combinaison, recherche et dosage de l'acétone ordinaire avec le sulfate mercurique.* Note de M. G. **Denigès.**

« Dans un précédent Travail ([1]), j'ai montré que les acétones de la série grasse forment, avec le sulfate mercurique *employé en très grand excès*, des combinaisons insolubles ou peu solubles.

» Ces combinaisons tendent vers la formule $(SO^4Hg)^2.3HgO.CO.R'^2$, lorsqu'elles ont été longtemps desséchées à 110°. J'ai, depuis, constaté qu'en ne dépassant pas 100°, ou en opérant la dessiccation dans le vide sec, la formule de ces composés, tels qu'ils existent lors de leur précipitation, avec leur aspect cristallin et lorsque, comme avec l'acétone ordinaire, ils ne sont pas accompagnés de réactions secondaires, répond rigoureusement à la formule $[(SO^4Hg)^2.3HgO]^3 4CO.R'^2$.

» La facilité de formation du composé obtenu avec l'acétone ordinaire, son rendement sensiblement théorique, enfin son poids moléculaire élevé, $\{3952$ pour $[(SO^4Hg)^2.3HgO]^3 4CO.(CH^3)^2\}$, environ dix-sept fois plus grand que l'acétone qui lui a donné naissance,

$$58 \times 4 = 232 \qquad \text{et} \qquad 3952 : 232 = 17,03,$$

m'ont permis de pratiquer la recherche de très faibles quantités de ce dernier corps, en opérant comme je vais l'indiquer, et aussi de le doser par la méthode pondérale ou volumétrique, et même, dans certains cas, par la méthode chronométrique dont j'ai développé une application à propos du thiophène ([2]).

» Recherche qualitative de l'acétone. — Trois principaux cas peuvent se présenter,

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 1868, année 1898.
([2]) *Bulletin de la Soc. chim.*, 3e série, t. XIII, p. 543, année 1895.

selon que l'acétone est en solution dans l'eau, dans l'alcool méthylique ou dans l'alcool éthylique; j'étudierai ailleurs la recherche et le dosage de ce corps dans l'urine. Dans les trois cas, il faut tenir compte du fait, déjà signalé dans ma première Note, que le sulfate mercurique doit être en grand excès par rapport à l'acétone mise en œuvre; aussi, pour cet essai qualitatif, convient-il d'opérer sur des solutions aqueuses ne renfermant pas plus de 10^{gr} d'acétone par litre, ou des solutions méthyliques (1) n'en contenant pas plus de 20^{gr}. Les solutions plus concentrées doivent donc, ou être ramenées par dilution à ces limites de concentration, ou employées, par rapport au même volume de réactif, en proportion moindre que dans le manuel opératoire suivant :

» *a. Solutions aqueuses.* — Mélanger dans un tube à essais 2^{cc} de solution d'acétone et 2^{cc} de réactif mercurique (2), plonger le tout dans l'eau, en pleine ébullition, d'un bain-marie fait avec un vase de Bohême conique. Si, au bout de dix minutes d'ébullition, il ne s'est pas produit de trouble ou de précipité, le liquide essayé ne renferme pas d'acétone.

» Au contraire, il en contient si, durant ce temps, il se forme un précipité ou un trouble, et la proportion de cette substance est d'autant plus grande que le dépôt est plus abondant et se forme plus rapidement.

» Quelle que soit la dose d'acétone, le précipité n'apparaît jamais avant quarante-cinq secondes; la dose optima pour arriver à cette limite de temps minimum est d'environ $0^{gr},01$ pour 2^{cc} de réactif.

» La réaction est comme explosive et le précipité apparaît brusquement; toutefois sa masse augmente ensuite en prolongeant l'ébullition.

» On peut ainsi déceler jusqu'à $0^{gr},02$ d'acétone dans 1^{lit} de solution aqueuse; à cette grande dilution, on n'a, il est vrai, qu'un louche mettant environ dix minutes avant de se produire.

» *b. Solutions méthyliques.* — On opère comme précédemment, mais en mettant dans le tube à essais 2^{cc} de l'alcool méthylique à analyser, 2^{cc} d'eau et 4^{cc} de réactif mercurique; l'alcool méthylique concentré précipitant à chaud le sulfate de mercure.

» *c. Solutions éthyliques.* — Il faut, dans le cas des solutions dans l'alcool éthylique, opérer à une dilution telle que le degré alcoolique du liquide qu'on soumettra à l'action du sulfate mercurique ne dépasse pas le chiffre 2, sinon il se précipite à chaud du sulfate mercureux formé par réduction.

» Dosage de l'acétone. — On met, dans un flacon (en verre assez fort) de 90^{cc} de capacité, 25^{cc} de réactif mercurique et 25^{cc} de solution d'acétone, en ayant soin d'observer : 1° que la dose d'acétone mise en œuvre ne dépasse pas 50^{mgr}; 2° que le degré alcoolique des solutions méthyliques soit ramené par dilution à 10 et celui des solutions éthyliques à 1. On bouche au liège, on ficelle fortement et l'on place le flacon dans un bain d'eau qu'on porte de la température ambiante à l'ébullition, laquelle est maintenue dix minutes. On retire le flacon du bain, on le fait refroidir, et l'on peut

(1) Les solutions éthyliques devant toujours être fortement diluées, leur titre primitif est moins nécessaire à connaître pour cet essai.

(2) Ce réactif est préparé en dissolvant 5^{gr} d'oxyde mercurique dans un mélange, encore chaud, de 20^{cc} d'acide sulfurique et de 100^{cc} d'eau.

alors recueillir le précipité sur un filtre taré; laver à l'eau froide, dessécher, et multiplier le poids du précipité par le coefficient expérimental 0,06 (le coefficient théorique étant 0,0584) pour avoir le poids de l'acétone existant dans les 25^{cc} soumis à l'essai. On peut encore, plus rapidement, mettre dans un vase à saturation 20^{cc} du liquide obtenu en complétant à 100^{cc} la totalité du contenu du flacon et filtrant; ajouter 15^{cc} d'ammoniaque à $\frac{1}{5}$, 50^{cc} à 60^{cc} d'eau et 10^{cc} d'une solution de cyanure de potassium équivalente à une liqueur $\frac{N}{10}$ d'azotate d'argent, en milieu ammoniacal, en prenant IK comme indicateur. Verser ensuite quelques gouttes de solution d'iodure de potassium, puis $AzO^3Ag\frac{N}{10}$ jusqu'à trouble persistant. En désignant par n la dose de liqueur argentique ainsi employée et par x la quantité d'acétone contenue dans 1^{lit} du liquide dont on a pris 25^{cc} pour l'essai, on a

$$x = (n - 0,4) \times 0^{gr},3.$$

» Le trouble grisâtre, produit dans le cas des solutions alcooliques, lors de l'addition d'ammoniaque et dû à des traces de composés mercureux formés, ne gêne pas l'appréciation de la fin de la réaction. On pourrait d'ailleurs y remédier en traitant, au préalable, les 20^{cc} du liquide complété à 100^{cc} et filtré, par un peu d'eau bromée qu'on ferait disparaître par ébullition suffisante et, après refroidissement, on opérerait comme plus haut. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide cyanhydrique sur l'épichlorhydrine.* Note de M. R. Lespieau, présentée par M. Friedel.

« En faisant réagir l'acide prussique sur l'épichlorhydrine, Hörmann a obtenu un nitrile non distillable et qui, d'après des analyses non publiées, répond à la formule C^4H^6ClOAz. La saponification de ce nitrile a fourni un acide sirupeux mal défini (*D. ch. G.*, t. XII, p. 23).

» J'ai repris ces recherches de la façon suivante :

» 150^{gr} d'épichlorhydrine pure ont été chauffés à 60° en matras scellé avec 70^{gr} d'acide cyanhydrique pur. L'opération a duré soixante heures. Le contenu du matras est repris à l'éther, la portion qui se dissout est soumise à la distillation fractionnée sous pression très réduite (2^{mm} de mercure). La majeure partie est formée par un nitrile qui, dans une deuxième rectification, a passé à 110°-111° sous cette même pression. Le poids de cette portion a été de 110^{gr}.

» Le produit brut contenait d'ailleurs autre chose, car il reste dans l'appareil distillatoire un liquide noir et sirupeux au milieu duquel se trouvent 4^{gr} ou 5^{gr} d'une matière cristallisée dont je n'ai pas terminé l'étude; elle se purifie par essorage et cristallisation dans le benzène bouillant qui la dissout un peu.

» Le nitrile obtenu est légèrement jaune; il est soluble dans l'eau. On peut le distiller dans le vide de la trompe à eau ; il passe aux environs de 140° sous une pression

de 15mm à 20mm de mercure. Ses analyses ont fourni les résultats suivants : C, 39,82; H, 5,39; Cl, 30,15. Deux mesures cryoscopiques, faites dans l'acide acétique, ont indiqué comme poids moléculaires les nombres 124 et 125. Ces données correspondent bien à la formule C^4H^6ClOAz.

» La fonction nitrile de ce corps peut être mise en évidence par la formation d'un éther iminé, suivie de la production de l'éther-sel correspondant :

» On dissout le nitrile dans l'alcool absolu et l'on fait passer dans cette solution un courant d'acide chlorhydrique sec. Si l'on ajoute ensuite de l'eau et qu'on porte le tout à 80°, on voit apparaître un dépôt de chlorhydrate d'ammoniaque dont le poids est bien celui auquel on s'attendait. Le produit obtenu après évaporation de l'alcool est traité par l'eau et le carbonate de soude; il se dissout, mais on l'extrait à l'éther. On le sèche par de nombreuses distillations. La partie bouillant à 121°-122° sous la pression de 14mm de mercure a été analysée et cryoscopée. On a trouvé : C, 42,99; H, 6,67; Cl, 21,27; poids moléculaire, 172. On a donc bien affaire à l'éther

$$C^6H^{11}ClO^3.$$

» D'après la façon dont l'épichlorhydrine se comporte vis-à-vis des hydracides, il est probable que la formule du nitrile est

$$CH^2Cl.CHOH.CH^2.CAz.$$

Je poursuis mes recherches en vue de démontrer qu'il en est bien ainsi. »

ANATOMIE GÉNÉRALE. — *Sur le développement du muscle dilatateur de la pupille, chez le lapin* [1]. Note de M. **Ed. Grynfellt**, présentée par M. Ranvier.

« Dans un travail récent sur le muscle dilatateur de la pupille chez l'homme, M. Vialleton, s'appuyant sur les caractères particuliers de ce muscle, sur sa contiguïté avec l'épithélium et sur ses rapports avec le stroma, émit l'hypothèse que ce muscle pouvait bien être un muscle épithélial, engendré par la transformation des cellules de la vésicule optique secondaire. Des recherches entreprises à son instigation et sous sa direction m'ont prouvé le bien fondé de cette hypothèse, et l'on peut affirmer que, chez le lapin, le muscle dilatateur de la pupille provient de la transforma-

---

[1] Travail du laboratoire d'Histologie de la Faculté de Médecine de Montpellier, dirigé par M. le professeur Vialleton.

tion des cellules épithéliales de la lame antérieure de la vésicule optique secondaire.

» Le muscle dilatateur de la pupille du lapin a une constitution identique au fond à celle qu'il présente chez l'homme, ainsi que je le montrerai dans une étude étendue qui paraîtra bientôt. Son développement, comme sa structure, du reste, a été étudié chez le lapin gris et chez l'albinos, sur des pièces fixées au liquide de Flemming et par divers autres réactifs.

» Le dilatateur n'apparaît chez le lapin qu'après la naissance. Chez le fœtus à terme, il manque tout à fait, et l'on trouve à la face postérieure de l'iris deux rangées de cellules épithéliales, dont l'antérieure est pigmentée chez le lapin ordinaire, comme on le sait depuis longtemps.

» Chez le lapin albinos âgé de quinze jours, on voit que l'épithélium postérieur de l'iris est aussi formé de deux couches de cellules : l'une postérieure, regardant le cristallin, est constituée par de grandes cellules claires, analogues à celles que l'on trouve au même endroit chez l'adulte; l'autre, antérieure, en contact avec le stroma de l'iris, est formée de cellules très régulièrement rangées les unes à côté des autres, mais qui présentent cette particularité intéressante, de se colorer tout autrement que les cellules postérieures, et de prendre des teintes qui se rapprochent de celles du dilatateur de l'adulte. Leurs noyaux ne sont pas centraux, mais plus rapprochés du bord postérieur. Ces deux couches forment un épithélium stratifié d'une grande régularité, limité en avant, du côté du stroma, par une membrane vitrée très nette. Cet épithélium se moule sur la surface postérieure de l'iris et présente sur les coupes transversales (perpendiculaires au rayon de l'iris) une disposition festonnée, les festons rentrants répondant aux sillons que l'on trouve sur la face postérieure de l'iris chez l'adulte.

» Chez le lapin ordinaire du même âge, la disposition fondamentale est la même, sauf que la couche antérieure de l'épithélium est fortement pigmentée; mais, après dépigmentation, les cellules de cette couche présentent les mêmes caractères que les cellules correspondantes chez l'albinos. Les cellules de la couche postérieure sont encore incolores et n'ont point de pigment.

» Dans l'iris d'un lapin albinos d'un mois environ, on voit que les cellules de la couche antérieure ont accentué leur ressemblance avec les éléments du muscle dilatateur. La ligne de contact entre elles et le stroma de l'iris, qui était jusqu'alors régulière, est devenue de plus en plus irrégulière et présente une série de petites dentelures analogues à celles que l'on trouve chez l'adulte. D'autre part, sur les coupes radiées, la fibrillation longitudinale des cellules de cette couche se voit très bien et les noyaux qui se sont allongés dans le sens de cette fibrillation ont pris de plus en plus les caractères de ceux que l'on trouve chez le dilatateur de l'adulte.

» Le lapin ordinaire du même âge présente exactement la même structure, et cela se voit d'autant mieux qu'à ce moment le pigment abandonne les cellules de la couche antérieure pour apparaître dans celles de la couche postérieure jusqu'alors incolores. Il disparaît d'abord dans la partie la plus antérieure des cellules dont la fibrillation et

la coloration par les réactifs deviennent ainsi très apparentes et se rapprochent tout à fait de celles que présente la couche de Henle (muscle dilatateur) de l'adulte.

» Le transformation de la lame antérieure de l'épithélium en muscle dilatateur ne s'effectue pas dans toute l'étendue de l'iris. Elle s'arrête, chez le lapin, au niveau de la partie moyenne du sphincter. En avant de ce point et jusqu'au bord de la pupille, les deux couches épithéliales existent pendant toute la vie et présentent toutes deux du pigment chez les animaux ordinaires. Chez le lapin albinos, les cellules de la lame antérieure, au point où elles cessent de former le muscle dilatateur, sont larges et aplaties, puis elles deviennent de plus en plus hautes, pour se continuer au niveau du bord pupillaire avec les cellules de la lame postérieure. Chez le lapin ordinaire, c'est absolument la même chose, mais comme ces cellules sont fortement pigmentées, il est souvent très difficile de les distinguer de celles de la lame postérieure auxquelles elles sont étroitement accolées. Toutefois, sur les coupes dépigmentées, ou même sur les coupes encore pourvues de pigment lorsque, à la suite de hasards heureux, les deux lames sont détachées l'une de l'autre, il est aisé de vérifier cette disposition.

» Cette particularité du développement du muscle dilatateur, c'est-à-dire son arrêt au niveau du sphincter, est probablement assez générale. Elle expliquerait la disposition que M. Vialleton a décrite chez l'homme, à savoir que le dilatateur s'arrête au niveau de la partie moyenne du sphincter, sans entremêler ses fibres avec celles de ce muscle.

» Il résulte de tout cela que l'épithélium postérieur de l'iris n'est pas formé par les deux couches de la vésicule optique, mais bien par une seule couche, répondant à la lame interne ou rétinienne de cette dernière, tandis que la lame externe a formé le muscle dilatateur. De plus amples détails et la discussion bibliographique seront donnés dans un Mémoire très prochain. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la digestion de l'amidon dans les plantes.* Note de M. Leclerc du Sablon, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Les résultats des recherches de Musculus relatives à l'action des diastases sur les matières amylacées sont devenues classiques; cet auteur ayant fait agir sur l'amidon de la diastase préalablement préparée a constaté que l'amidon était transformé en dextrine et puis en maltose, qui, comme l'on sait, est un saccharose dont le pouvoir réducteur est égal aux deux tiers de celui du glucose. Ce serait là le dernier terme de la transformation de l'amidon sous l'action de la diastase; la production de glucose serait très faible ou même nulle. J'ai étudié la digestion des matières amylacées dans les bulbes et les tubercules de certaines plantes en considérant l'action des diastases qui se trouvent dans les plantes mêmes, à côté de la

matière de réserve. Pour cela, j'ai suivi deux méthodes : 1° j'ai choisi un bulbe ou un tubercule renfermant surtout des matières amylacées et je l'ai analysé à différentes reprises pendant toute la période de digestion des réserves; j'ai pu ainsi constater la présence des produits provenant de la digestion des réserves; 2° afin de mettre mieux en évidence l'action des diastases, je prends un organe de réserve à une phase déterminée de la digestion et je l'écrase au contact de l'eau. L'action des diastases ainsi amenées au contact des réserves est alors accélérée et les produits de la digestion s'accumulent en quantité relativement considérable. Ces deux méthodes se contrôlent et se complètent l'une l'autre.

» J'ai ainsi constaté la transformation d'amidon en dextrine dans un certain nombre d'organes de réserve tels que les bulbes du Lis, de la Tulipe, de la Jacinthe, les tubercules de l'Arum, de la Ficaire, du Colchique. Puis, à mesure que la digestion de l'amidon est plus avancée, le sucre apparaît en quantité de plus en plus grande. Il est important de connaître quels sont les sucres qui se forment. L'étude du pouvoir réducteur par rapport à la liqueur de Fœhling peut renseigner à ce sujet. Je dose d'abord directement avec la liqueur de Fœhling le sucre extrait par l'alcool à 90°; puis j'intervertis par l'acide chlorhydrique de façon à transformer tous les sucres en glucose et je dose de nouveau. Le second dosage me donne la quantité totale de sucre; le premier me permet de calculer le pouvoir réducteur avant l'interversion, en admettant que le pouvoir réducteur du glucose est 100.

» En opérant ainsi, j'ai vu que le pouvoir réducteur de l'ensemble des sucres augmentait à mesure que la digestion était plus avancée. Au commencement, le pouvoir réducteur est faible; il est de 6 pour la Ficaire en août, de 13 pour la Tulipe en janvier, de 25 pour la Renoncule bulbeuse en août, de 28 pour le Lis en décembre. On voit que ce pouvoir réducteur est notablement inférieur à celui du maltose qui est de 66. On doit en conclure que, au moins dans les cas que j'ai étudiés, le premier sucre produit par l'action des diastases sur les matières amylacées est un saccharose moins réducteur que le maltose. Il est d'ailleurs probable que les propriétés de ce saccharose ne sont pas les mêmes dans toutes les plantes. Dans certains cas, tels que la Ficaire, le pouvoir réducteur est à peu près nul; on a alors sans doute affaire à du sucre de canne; dans d'autres plantes, le pouvoir réducteur se rapproche de celui du maltose.

» Lorsque la digestion est plus avancée, le pouvoir réducteur est plus grand. Ainsi, dans les vieux tubercules de Ficaire, au mois de février, le

pouvoir réducteur du sucre est dans certains cas de 90. Un pareil résultat ne peut s'expliquer que si l'on admet qu'une partie du saccharose a été transformé en glucose. Le rhizome de l'Arum est aussi un bon exemple pour montrer cette transformation. Le 27 avril, le pouvoir réducteur était de 30 dans la partie antérieure du rhizome, de 60 dans la partie moyenne et de 90 dans la partie postérieure où la digestion est la plus avancée. Dans les organes de réserve en voie de digestion il y a donc en général un mélange de glucose et de saccharose, et le glucose est d'autant plus abondant que la digestion est plus avancée.

» Dans les plantes telles que l'Oignon ou l'Asphodèle, où la réserve, tout en étant hydrocarbonée, ne renferme pas d'amidon, la transformat on du saccharose en glucose sous l'action des diastases est très facile à mettre en évidence. Ainsi, dans un bulbe d'Oignon en germination, j'ai trouvé 24 pour 100 de glucose et 6 pour 100 de saccharose; après avoir écrasé les écailles au contact de l'eau, j'ai vérifié que tout le saccharose avait disparu, tandis que le glucose avait augmenté d'une façon considérable. Au mois de mars, certains tubercules d'Asphodèle renfermaient 18 pour 100 de glucose et 12 pour 100 de saccharose; après les avoir écrasés au contact de l'eau, on y trouvait 28 pour 100 de glucose et 2 pour 100 seulement de saccharose.

» L'action digestive des diastases sur l'amidon ne s'arrête donc pas, dans les plantes vivantes, à la formation d'un saccharose, mais réduit la matière amylacée en glucose directement assimilable. La série des transformations qui s'opèrent dans les cellules aboutit donc au même résultat que l'action des acides bouillants que l'on emploie pour saccharifier l'amidon. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Absorption élective de quelques éléments minéraux par les plantes.* Note de M. E. Demoussy, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Dans une Note que j'ai eu l'honneur de présenter récemment à l'Académie [1], j'ai montré que de jeunes plantes, prises en nombre égal, enracinées dans des solutions de nitrate de potasse, utile à leur développement, ou de chlorure de potassium, sans influence sur lui, s'emparent de l'azote nitrique et du chlore en quantités presque égales.

» J'ai constaté de même que, si l'on offre à diverses plantes, colza, sarrasin, seigle, ray-grass, des solutions ne renfermant à l'état de nitrate

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXVII, p. 771, 1898.

qu'un seul métal, potassium, sodium, calcium ou magnésium, on trouve encore que l'absorption se fait de la même façon. Cependant quelques métaux exerçant sur elles une action nocive, tels que le lithium, le strontium ou le baryum, ne pénètrent qu'en quantités insignifiantes bien qu'ils soient présentés sous forme de nitrates.

» Nous voyons donc déjà que les végétaux distinguent parmi les métaux, comme ils distinguaient parmi les corps non métalliques; nous avons reconnu en effet que, si les plantes peuvent indifféremment prendre du chlorure ou du bromure de potassium, elles manifestent une répugnance pour l'iodure.

» Cette facilité qu'ont les plantes d'absorber indifféremment des nitrates ou des chlorures de potassium, de sodium ou de calcium, est en désaccord avec ce que nous enseigne la composition des cendres, puisqu'on voit, par exemple, la potasse y dominer la chaux et surtout la soude qui ne se trouve qu'en faibles proportions dans les végétaux terrestres; ceux-ci sont également, la plupart du temps, beaucoup plus riches en azote nitrique qu'en chlore.

» Or, les végétaux qui se développent dans la terre y rencontrent de nombreuses matières minérales mélangées les unes aux autres; il était donc intéressant de faire vivre des plantes dans des solutions complexes, afin de savoir si, lorsque les sels sont offerts en mélange, ils sont absorbés de la même façon que quand ils sont présentés isolément. Pour que les conditions fussent aussi simples que possible, les solutions employées ne contenaient que deux sels ne pouvant pas réagir par double décomposition.

» *Azote nitrique et chlore.* — A une culture de jeunes sarrasins, on a fourni un mélange de nitrate et de chlorure de potassium; 100^{cc} de la solution renfermaient une molécule et demie, en milligrammes, de chaque sel, afin qu'il y eût égalité entre les poids de métal contenus dans chacun d'eux.

» Après cinq jours, l'analyse du liquide restant montra que les plantes avaient absorbé $6^{mg},5$ d'azote nitrique et seulement $2^{mg},7$ de chlore, quoique la plus grande teneur du liquide en chlore eût dû favoriser son absorption aux dépens de celle de l'azote.

» Il y a une préférence bien nette des plantes pour le nitrate.

» Si l'on tient compte des proportions d'azote nitrique et de chlore présentes au début dans le liquide, on trouve que 31 pour 100 de l'azote ont disparu, tandis que 5 pour 100 du chlore ont été prélevés. Le rapport de ces deux pourcentages représentera, s'il est permis de s'exprimer ainsi, le rapport des affinités de la plante pour l'azote nitrique et pour le chlore. Il est ici égal à 6,1. Comme c'est aussi le rapport entre les poids de potassium pris à l'état de nitrate et à l'état de chlorure, il signifie, en outre, que, pour 1 de métal absorbé sous forme de chlorure, 6 sont pris à l'état de nitrate.

» En présentant, dans les mêmes conditions, à des colzas, un mélange de nitrate et de chlorure de calcium, on arrive au même résultat. En huit jours, $10^{mg},9$ d'azote ont été absorbés, soit 52 pour 100 de la quantité en présence au début; en même temps, l'absorption de chlore n'a été que de $4^{mg},6$, c'est-à-dire seulement 8,7 pour 100 du chlore en solution.

» Une expérience portant sur des seigles conduisit à des résultats identiques.

» Il est ainsi établi que, lorsque des nitrates et des chlorures sont disponibles en même temps pour des plantes, c'est l'azote nitrique qui est pris de préférence au chlore; ainsi se trouve justifiée la prédominance des nitrates chez les végétaux terrestres.

» Pour étudier l'absorption simultanée de plusieurs métaux, j'ai employé des solutions de nitrates de deux métaux en quantités proportionnelles à leurs équivalents, afin que le même poids d'azote fût uni à chaque métal. Lorsque les plantes avaient végété dans un tel liquide pendant quelque temps, une analyse faisait connaître ce qui restait en solution et, par suite, ce qui avait été prélevé.

» *Potassium et calcium.* — Dans un liquide renfermant 84^{mg} de potassium et 42^{mg} de calcium une culture de blé a pris en quatre jours $57^{mg},4$ du premier métal et 13^{mg} du second; la différence est considérable. Comme on peut objecter qu'elle est due en partie à ce que la solution contenait deux fois autant de potassium que de calcium, nous calculerons la proportion de métal absorbée pour 100 introduits : 68,3 pour 100 du potassium ont disparu, et 30,7 pour 100 du calcium ont été pris. Le quotient de ces deux nombres est 2,3; c'est-à-dire que l'attraction des plantes pour le potassium a été deux fois et demie aussi forte que pour le calcium; nous pouvons dire encore que les plantes ont pris deux fois et demie autant d'azote uni au potassium que d'azote uni au calcium.

» Des cultures de seigle, de colzas, de pois, de lentilles se sont comportées de la même façon; toujours le potassium est prélevé en plus grande quantité que le calcium.

» *Sodium et calcium.* — Des colzas ont pris un peu moins de calcium que de sodium; des maïs en ont absorbé un peu plus. Ces plantes n'ont pas de tendance bien marquée à absorber plutôt de la soude que de la chaux, contrairement à ce qui a lieu pour la potasse.

» *Potassium et sodium.* — L'analyse du liquide où des colzas avaient vécu pendant quatre jours montra que, tandis que 40^{mg} de potassium avaient disparu, le poids de sodium en solution s'était accru de $3^{mg},8$. Ce chiffre étant de l'ordre des erreurs, il signifie que les plantes n'ont pas pris de sodium.

» De même, des seigles n'ont absorbé que de très faibles quantités de sodium, vingt-deux fois moins que de potassium.

» Ainsi la présence du potassium peut amoindrir considérablement ou même annuler l'absorption de sodium; ces faits confirment l'expérience

classique de M. Dehérain qui, ayant arrosé avec une solution de chlorure de sodium des haricots enracinés dans une bonne terre de jardin, a vu ses plantes se gorger de chlorure de potassium dont le métal provenait du sol.

» Il y a donc en réalité trois cas à considérer : 1° quand on présente isolément à des végétaux des solutions minérales qui n'exercent sur eux aucune action nocive, ces solutions sont absorbées de la même façon, quelle que soit leur composition ; 2° il existe cependant des matières minérales qui ne sont absorbées qu'en très faibles quantités, ce sont celles qui exercent sur la vie végétale une action funeste ; 3° lorsque des végétaux sont enracinés dans des solutions complexes, ils ne prennent plus indifféremment les divers éléments contenus dans les liquides ; ils exercent une absorption élective, ils font un choix entre les matières dissoutes, sans qu'on puisse expliquer ce choix par l'immobilisation à l'état insoluble du principe absorbé en plus grande quantité. Il semble donc que la matière végétale vivante s'unisse plus facilement à certaines substances minérales qu'à certaines autres.

» Il est bien à remarquer que toutes nos expériences ont porté sur de très jeunes plantes, qu'on ne saurait comparer à des végétaux arrivés à leur complet développement. Pendant la durée de leur vie, ceux-ci élaborent des substances variées, qui peuvent sans doute former avec les matières minérales des combinaisons qui déterminent des absorptions électives. Nous n'avons pas eu la prétention d'expliquer d'une façon complète la composition minérale des plantes, mais simplement d'éclairer quelques points de leur histoire. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *L'assimilation chlorophyllienne chez les Orchidées terrestres et en particulier chez le* Limodorum abortivum [1]. Note de M. Ed. Griffon, présentée par M. Gaston Bonnier.

« On sait qu'un certain nombre d'Orchidées terrestres possèdent des racines courtes, renflées, d'aspect coralloïde, et dont les cellules corticales renferment chacune une petite pelote de filaments mycéliens. M. Frank a donné à ces racines spéciales, qu'on retrouve avec les mêmes caractères chez les Éricacées, et avec des caractères différents chez les Conifères et les

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, dirigé par M. Gaston Bonnier.

Cupulifères, le nom de *mycorhizes*. Ce savant considère comme un fait de symbiose, et non de parasitisme, l'association d'une racine et d'un mycélium ; pour lui, le Champignon reçoit de son hôte des substances qu'il ne peut élaborer, comme des hydrates de carbone, des sucres, de l'amidon, etc. ; mais, en revanche, il lui fournit de l'eau et de la matière azotée qu'il puise dans l'humus.

» Les Orchidées à feuilles vertes et dépourvues de mycorhizes doivent vraisemblablement puiser tout leur carbone dans l'air ; ce sont des plantes qui se suffisent complètement à elles-mêmes et qui n'ont pas besoin d'humus pour vivre ; l'*Epipactis latifolia*, qu'on rencontre souvent dans les boues sableuses du bord des chemins, est dans ce cas.

» Les autres Orchidées à feuilles vertes, mais pourvues de mycorhizes, comme les différentes espèces du genre *Orchis*, sont, si la théorie de M. Frank est exacte, un peu saprophytes, c'est-à-dire qu'elles vivent, dans une certaine mesure, aux dépens de l'humus ; que leurs parties vertes, quoique dégageant notablement d'oxygène à la lumière, ne fournissent pas à la plante tout le carbone qui lui est nécessaire. Mais aucun fait expérimental ne le prouve jusqu'ici.

» J'ai précisément voulu voir si, dans cette catégorie de plantes, quelques-unes d'entre elles, dont le saprophytisme me paraît douteux, ne présenteraient pas des échanges gazeux à la lumière, de nature à mettre en évidence le rôle des mycorhizes dans l'assimilation du carbone. Les très curieux résultats obtenus par M. Bonnier sur les Rhinanthacées m'engageaient à chercher dans cette voie ; on sait, en effet, aujourd'hui, que des plantes vertes, comme l'Euphraise, le Péiculaire, ne dégagent pas d'oxygène à la lumière, ce qui les oblige à être parasites.

» Je me suis adressé, en particulier, au *Goodyera repens*, plante qui a des rosettes de feuilles, un rhizome grêle longuement traçant et qu'on rencontre sous les pins dans la couche d'humus. Or toujours, à la lumière, les rosettes de feuilles vertes ont décomposé l'acide carbonique et avec une intensité comparable à celle des Orchidées non humicoles : c'est ainsi que des mêmes poids secs de feuilles de *Goodyera* et d'*Epipactis* dégagent des quantités égales d'oxygène. J'ai obtenu des résultats analogues avec les *Orchis lalifolia, purpurea, Morio, mascula* et *bifolia*. Le rôle des mycorhizes dans l'assimilation des matériaux de l'humus, qui existe vraisemblablement, n'est néanmoins pas mis en évidence.

» Mais il y a des Orchidées non vertes, telles que le *Neottia Nidus-Avis*, le *Corallorhiza*. Or ces plantes ont de nombreuses mycorhizes et sont franchement saprophytes ; elles tirent tout leur carbone des matériaux de l'humus.

« Le *Neottia*, il est vrai, d'après les observations de MM. Wiesner et Prilleux, renferme un peu de chlorophylle dans ses tissus. Engelmann a pu montrer que les leucites bruns qui renferment le pigment vert dégagent, comme ceux de la Cuscute, de l'oxygène à la lumière; mais la quantité de chlorophylle est, en somme, si faible qu'elle joue un rôle peu important dans l'assimilation, ainsi que cela ressort des expériences de MM. Bonnier et Mangin. Ces savants ont montré, en effet, que l'action retardatrice de la lumière sur la respiration chez le *Neottia* est plus grande que chez les plantes franchement dépourvues de chlorophylle, comme le *Monotropa* et les Champignons, ce qui tendrait à faire admettre l'existence d'une légère action chlorophyllienne; mais, d'autre part, le quotient respiratoire, mesuré par le rapport $\frac{CO^2}{O}$ de l'acide carbonique dégagé à l'oxygène absorbé, est le même à la lumière et à l'obscurité, ce qui ne devrait pas avoir lieu si la fonction chlorophyllienne se manifestait d'une façon sensible et venait, par conséquent, changer le résultat de la respiration. On peut donc considérer le *Neottia* comme une plante entièrement saprophyte, comme les Champignons.

» Il est enfin une autre Orchidée, le *Limodorum abortivum*, qui, au point de vue de l'assimilation du carbone, occupe une place spéciale entre les Orchidées vertes pourvues de mycorhizes et les Orchidées décolorées et sur laquelle j'ai fait un certain nombre d'expériences que je vais rapporter dans cette Note.

» Le *Limodorum* est une plante des clairières, des bois montueux, des forêts, des pelouses élevées incultes et dont le port ressemble à celui de l'Orobanche ou du *Neottia*. La tige, robuste, qui atteint de $0^m,40$ à $0^m,80$ de hauteur, est colorée en violet plus ou moins foncé; cette coloration s'étend aux fleurs et aussi aux feuilles, lesquelles sont réduites à l'état de grandes bractées engainantes. Si l'on examine la partie souterraine, on ne trouve nulle trace d'adhérence avec les racines des arbres; la plante est donc saprophyte comme le *Neottia*. L.-C. Richard qui l'a nommée le premier la considérait comme parasite, ainsi qu'en témoigne le terme de *Limodorum* (λιμώδης, affamé); de Candolle partageait cette opinion.

» Or, M. J. Chatin, en 1874, mit en évidence la présence de la chlorophylle dans le *Limodorum*. Sous l'épiderme coloré en violet de la tige, on voit en effet un parenchyme cortical dont les cellules renferment des chloroleucites; on retrouve ceux-ci dans le parenchyme des faisceaux libéro-ligneux et dans la moelle. Les feuilles en contiennent et la paroi ovarienne en est particulièrement bien pourvue. Une section transversale de tous ces organes apparaît d'ailleurs avec la teinte verte caractéristique; cette teinte n'est masquée extérieurement que par l'anthocyanine des cellules épidermiques.

» Partant de cette observation, M. Chatin crut pouvoir conclure que « le *Limodorum* » n'a nul besoin d'une existence parasite, qu'il n'a même pas un besoin indispensable » des matériaux de l'humus, au moins quant au carbone ».

» Or, une telle conclusion, basée uniquement sur un fait anatomique,

est-elle légitime *a priori*? Non, évidemment; et les résultats signalés plus haut, obtenus par M. Bonnier sur les Rhinanthacées qui sont parasites quoique vertes, le prouvent. Tout d'abord, à cause de l'absorption de la lumière par les tissus, la chlorophylle du cylindre central ne peut servir à l'assimilation. Reste celle de l'écorce; mais les chloroleucites, épars dans chaque cellule, ne sont en somme pas très nombreux et il est possible, de plus, qu'on se trouve en présence d'un pigment vert spécial, la pluralité des chlorophylles ne faisant plus de doute depuis les travaux de MM. Armand Gautier et Étard. Il y a donc lieu de se demander quel est le sens de la résultante des deux fonctions inverses : l'assimilation et la respiration.

» J'ai alors exposé à la lumière, dans de l'air chargé d'acide carbonique, des pousses entières, des portions de tiges, des feuilles, des ovaires de *Limodorum* et toujours j'ai obtenu un dégagement d'acide carbonique. Toutefois, la lumière retarde d'une façon notable la respiration (dans la proportion de 4 à 3) et le rapport $\frac{CO^2}{O}$, qui est d'environ 0,90 au soleil, pour un fragment de tige, par exemple, est de 0,80 à l'obscurité; ces deux résultats montrent, comme il fallait s'y attendre, que l'assimilation existe; mais la respiration l'emporte sur elle, en sorte que le *Limodorum*, malgré sa chlorophylle, est saprophyte et doit prendre la plus grande partie de son carbone dans l'humus.

» *Conclusions.* — 1° Au point de vue de l'assimilation du carbone, les Orchidées terrestres présentent tous les intermédiaires, depuis les espèces vertes dépourvues de mycorhizes, comme l'*Epipactis*, qui tirent tout leur carbone de l'air et les espèces décolorées comme le *Neottia*, le *Corallorhiza*, qui sont entièrement saprophytes et dont les racines, vivant en symbiose avec des Champignons représentés par leur mycélium, sont alors capables de puiser dans l'humus les matériaux nécessaires à la nutrition.

» 2° Le *Limodorum*, malgré sa richesse en chlorophylle, doit être placé dans la série des Orchidées terrestres, au voisinage des saprophytes complets. A cause, en effet, de la mauvaise répartition des chloroleucites et peut-être aussi de la nature spéciale du pigment vert, cette plante décompose peu d'acide carbonique et sa respiration est toujours notablement supérieure à l'assimilation.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la toxicité des composés chromés à l'égard des végétaux supérieurs.* Note de M. **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier (1).

« Les composés chromés ont, on le sait, une action très nette sur les cellules, animales ou végétales, dont ils *fixent* le protoplasma et qu'ils tuent par conséquent : c'est ce qui les fait employer si fréquemment en Histologie. On sait aussi que les mêmes composés, et notamment le bichromate de potassium, bien connu à cet égard, sont des poisons pour les animaux. Nos connaissances en ce qui concerne leur action sur les végétaux étant moins avancées, j'ai cru intéressant de faire quelques recherches à ce sujet. J'ai surtout cherché à comparer la puissance toxique des divers composés à l'égard de plantes de même espèce, de manière à permettre la comparaison des chiffres obtenus.

» Dans ce but, j'ai mis à germer des plantules de blé de Bordeaux dans des solutions plus ou moins concentrées des composés dans de l'eau distillée, en notant avec soin la manière dont elles se comportaient. J'ai pu ainsi me rendre compte que les *équivalents toxiques,* c'est-à-dire les *doses toxiques minima* (pour 100 d'eau distillée) des principaux composés chromés, sont les suivants :

	Formule.	Équivalents toxiques pour 100.
Alun de chrome...............	$K^2Cr^2(SO^4)^4$	1,142
Sulfate de chrome............	$Cr^2(SO^4)^3$	0,5
Acide chromique..............	CrO^3	0,00595
Chromate de potassium.........	K^2CrO^4	0,0625
Bichromate de potassium.......	$K^2Cr^2O^7$	0,03125
Chromate de sodium	Na^2CrO^4	0,125
Bichromate de sodium	$Na^2Cr^2O^7$	0,0064
Chromate d'ammonium.......	$(AzH^4)^2CrO^4$	0,0625
Bichromate d'ammonium.......	$(AzH^4)^2Cr^2O^7$	0,025

» *Conclusions.* — 1° Le chrome est surtout toxique quand il est à l'état

(1) Travail du laboratoire de Botanique de la Sorbonne dirigé par M. Gaston Bonnier.

d'acide chromique, libre ou combiné avec des bases. Il l'est beaucoup moins quand il joue dans le sel le rôle électropositif.

» 2° L'acide chromique est plus toxique lorsqu'il est libre que lorsqu'il est à l'état de chromate ou de bichromate.

» 3° Les bichromates alcalins sont sensiblement plus toxiques que les chromates correspondants.

» Enfin, on peut remarquer que le composé le plus toxique est l'acide chromique : c'est donc le corps qui *fixe* le plus énergiquement le protoplasma des cellules : ainsi se confirme, par des expériences physiologiques, la faveur que les histologistes lui accordent sur les autres composés chromés. »

VITICULTURE. — *Sur une nouvelle bouillie cuprique, plus spécialement destinée à combattre le black rot.* Note de M. **Joseph Perraud**, présentée par M. Guignard.

« Mes expériences sur le traitement du black rot, poursuivies en Beaujolais depuis trois années (1896, 1897, 1898), ont démontré l'importance du sulfatage direct des grappes dans la lutte contre cette maladie. Dans une précédente Communication ([1]) j'ai fait connaître les résultats donnés par les recherches que j'ai entreprises dans le but de trouver une bouillie qui adhère facilement aux raisins, propriété que possède à un faible degré les anciennes préparations cupriques. On a vu que la colophane augmentait dans des proportions considérables, bien supérieures à celles se rapportant aux autres substances essayées, la faculté d'adhérence des bouillies cupriques. Ayant expérimenté, en grande culture, les *bouillies à la colophane,* je vais indiquer, dans cette Note, un moyen permettant de les préparer, ainsi que les résultats obtenus avec elles.

» La colophane, insoluble dans l'eau, se dissout dans divers liquides, notamment dans les alcalis. En l'espèce, le moyen le plus simple me paraît être d'obtenir la dissolution de la colophane avec le carbonate de soude, sel déjà utilisé par les viticulteurs pour la préparation de la bouillie bourguignonne. Mais cette dissolution devant se faire à chaud, sa préparation,

([1]) Joseph Perraud, *Recherches sur quelques moyens permettant d'augmenter l'adhérence des bouillies cupriques* (*Comptes rendus,* 28 novembre 1898).

au fur et à mesure des besoins, présente un inconvénient dans la pratique. Pour obvier à cette difficulté, j'ai cherché à préparer une solution concentrée, utilisable à froid, pendant toute la durée d'un traitement.

» La formule suivante convient parfaitement : eau 100, carbonate de soude 25, colophane 25. On met le carbonate de soude dans l'eau, puis on jette, par petites portions, dans la lessive en ébullition, la colophane réduite en poudre. On agite le mélange jusqu'au moment où il est devenu fluide. Après refroidissement, la colophane forme une combinaison sans consistance, soluble dans l'eau froide qui sert à la préparation de la bouillie.

» Pour cette opération, on procède de la manière suivante : on fait dissoudre d'une part le sulfate de cuivre dans 50^{lit} à 80^{lit} d'eau ; d'autre part, on dilue dans 10^{lit} environ la quantité de colophane nécessaire, préparée comme il est dit plus haut ; on verse cette seconde solution dans la première ; puis on ajoute au mélange une solution de carbonate de soude jusqu'à neutralisation ; enfin on additionne d'eau pour compléter 100^{lit}.

» Parmi les diverses formules de bouillie à la colophane que j'ai expérimentées, les deux suivantes ont donné des résultats parfaits et identiques pour la défense des Vignes contre le mildiou et le black rot :

I.	Eau........................	100^{lit}
	Sulfate de cuivre...........	2^{kg}
	Colophane..................	$0^{kg},500$
	Carbonate de soude.........	En quantité suffisante pour avoir une bouillie légèrement alcaline.
II.	Eau........................	100^{lit}
	Sulfate de cuivre...........	1^{kg}
	Colophane..................	$0^{kg},500$
	Carbonate de soude.........	En quantité suffisante pour avoir une bouillie légèrement alcaline.

» Toutefois je crois prudent de ne recommander définitivement cette dernière formule qu'après de nouvelles expériences ; on l'emploiera à titre d'essai en 1899.

» Pour toutes ces préparations, on peut utiliser indifféremment le carbonate de soude Solvay ou en cristaux.

» En outre de sa qualité d'adhérence, la bouillie à la colophane présente un autre avantage mis en relief par les analyses ci-après, faites sous la direction de M. Léo Vignon, professeur de Chimie à l'Université de Lyon ; par M. Barrillot, chef des travaux, sur des raisins, provenant de mes

champs d'expériences, ayant reçu trois sulfatages et cueillis quatre jours avant la vendange :

	Bouillie		
	bordelaise à 2 % de sulfate de cuivre légèrement alcaline.	au savon à 2 % de sulfate de cuivre et 3 % de savon.	à la colophane à 2 % de sulfate de cuivre légèrement alcaline.
Cuivre soluble dans l'eau par kilogramme de raisins......	gr 0,0115	gr 0,022	gr 0,072
Cuivre insoluble dans l'eau, soluble dans l'eau régale, par kilogramme de raisins......	0,00975	0,019	0,025
Cuivre total par kilogramme de raisins....................	0,02125	0,041	0,097

» Les chiffres indiquant les quantités totales de sulfate de cuivre portées par les raisins sont dans les rapports de

1 : 1,95 : 4,61

et de

1 : 2 : 6,54,

en considérant seulement les quantités de cuivre solubles dans l'eau.

» D'après ces résultats, la bouillie au savon maintient, sur les raisins, 2 fois plus de cuivre total et 2 fois plus de cuivre soluble que la bouillie bordelaise ; la bouillie à la colophane maintient 4 fois $\frac{1}{2}$ plus de cuivre total et 6 fois $\frac{1}{2}$ plus de cuivre soluble.

» Une bouillie est d'autant plus active qu'elle fournit, sur les organes à protéger, une quantité plus grande de cuivre soluble ; sous ce rapport, la bouillie à la colophane paraît capable d'assurer une excellente défense de la Vigne. »

M. Aug. Letellier adresse une Note intitulée : « Action de l'électricité atmosphérique sur la direction suivie par la racine jeune de la Fève vulgaire ».

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures un quart.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 novembre 1898.

(*Suite.*)

Énumération des plantes cultivées dans les jardins de la Provence et de la Ligurie, par Émile Sauvaigo, Directeur du Muséum d'Histoire naturelle de Nice, etc. Nice, J. Ventre et Cie, 1890; 1 vol. in-18.

Archives italiennes de Biologie. Revues, résumés, reproductions des travaux italiens, sous la direction de M. A. Mosso, Professeur de Physiologie à l'Université de Turin. Tome XXX, fasc. 1. Turin, Hermann Loëscher, 1898; 1 vol. in-8.

Annals of the observatory. Volume IV. London, 1897; 1 vol. in-4°.

Bulletin international de l'Académie des Sciences de Cracovie. Comptes rendus des séances de l'année 1898. Octobre. Cracovie, 1898; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 28 novembre 1898.

Sur de nouvelles méthodes d'analyse minérale, par M. Adolphe Carnot, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut, Professeur à l'École supérieure des Mines. (Extrait des *Annales des Mines,* Livraison d'août 1898). Paris, Vve Ch. Dunod, 1898; 1 vol. in-8°. (Présenté par l'Auteur.)

Annales de l'Institut Pasteur, fondées sous le patronage de M. Pasteur et publiées par M. E. Duclaux, Membre de l'Institut de France, Professeur à la Sorbonne, Directeur de l'Institut Pasteur. Tome XII. N° 11. 25 novembre 1898. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Traité de Métallurgie, par Léon Gages, Capitaine d'Artillerie, ancien Élève de l'École Polytechnique, Ex-Professeur à l'École d'Application de l'Artillerie et du Génie. Tome deuxième : *Travail des métaux.* Paris, J. Fritsch, 1898; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Ad. Carnot.)

Revue générale de Botanique, dirigée par M. Gaston Bonnier, Membre de l'Institut, Professeur de Botanique à la Sorbonne. Tome dixième. Livraison du 15 novembre 1898. N° 119. Paris, Paul Dupont, 1898; 1 fasc. in-8°.

Flora brasiliensis. Enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum. Vol. III. Pars II. Monachii-Lipsiæ, 1896-1897; 1 vol. in-4°. (Présenté par M. Guignard.)

Bulletin international du Bureau central météorologique de France. Directeur: M. E. Mascart. Nos 292 à 327; 36 fasc. in-8°.

Revue maritime, couronnée par l'Académie des Sciences, le 28 décembre 1874. Tome CXXXIX. Octobre 1898. Paris, L. Baudoin; 1 vol. in-8°.

Mémoires et Compte rendu des Travaux de la Société des Ingénieurs civils de France. Cinquantenaire : 1848-1898. III. Bulletin de septembre 1898. Paris, 1898; 1 vol. in-8°.

Transactions of the clinical Society of London. Volume the thirty.-first. London, Longmans, Green and Co; 1 vol. in-8°.

ERRATA.

(Séance du 28 novembre 1898.)

Note de M. *Maurice Hamy,* Sur la mesure des petits diamètres :

Page 854, ligne 10, *au lieu de* $\left(\frac{a}{l}\right)^2$, *lisez* $\left(\frac{a}{l}\right)^4$.